การใช้ PC ควบคุมวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย

นาย สุนทร ชีพเจริญรัตน์ 37012034

นาย เสริมศักดิ์ รักษาวงศ์ 37012035

วัน เดือน ปี 30 ก.ค. 2540
เลขทะเบียน 036950
เลขเรียกหนังสือ T 338043 ส 2538 ก

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

036950

Power Supply Circuit Control by PC

Mr. Soonthorn Cheepjaraunrut 37012034

Mr. Sermsak Raksawong 37012035

Project report sumitted in partial fulfillment of the requirement

Department of Industrial Technology

Faculty of Engineering

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

1995

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การใช้ PC ควบคุมวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย	
ชื่อนักศึกษา	นาย สุนทร	ชีพเจริญรัตน์
	นาย เสริมศักดิ์	รักษาวงศ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อ. มนชนก	ศรีเสือขาม
ภาควิชา	เทคนิคอุตสาหกรรม	
ปีการศึกษา	2538	

ภาคเทคนิคอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต

.....หัวหน้าภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม

( )

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานคณะกรรมการ

( )

.....กรรมการ

( )

.....กรรมการ

( )

.....กรรมการ

( )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Report Power Supply Circuit Control By PC

By Mr. Soonthorn CHeepjaraunrut

Mr. Sermsak Raksawong

Department Industrial Technology

Project Report Advisor Miss. Monchanok Srisurkam

Accepted by the faculty of engineering, King Mongkut's Institute of Technology, Ladkrabang in partial fulfillment of the requiment for the bacherlor's degree

.....Chairman

( )

Project Report Committe

.....Member

( )

.....Member

( )

.....Member

( )

.....Member

( )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การใช้ PC ควบคุมวงจรเพาว์เวอร์ซัพพลาย
ชื่อนักศึกษา	นายสุนทร ชีพเจริญรัตน์ นายเสริมศักดิ์ รักษาวงศ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อ.มนชนก ศรีเสือขาม
ภาควิชา	เทคนิคอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2538

บทคัดย่อ

การใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ควบคุมวงจร Power Supply นี้สามารถที่จะแบ่งเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือส่วนของซอร์ฟแวร์และส่วนของด้านฮาร์ดแวร์ ส่วนของซอร์ฟแวร์นั้นจะใช้ภาษาปาสคาลในการเขียนโปรแกรม ซึ่งในโปรแกรมจะมีโปรแกรมย่อยต่างๆ เพื่อใช้ควบคุมฮาร์แวร์ภายนอก

ส่วนที่ 1 จะเป็นวงจร 8255 I/O Port ซึ่งจะมีหน้าที่ใช้ Interface กับวงจรอื่นๆ ภายนอก

ส่วนที่ 2 จะเป็นวงจร Power Supply ซึ่งจะใช้หลักการของ D/A Convertor ซึ่งควบคุมจาก DATA ของ 8255 โดย Power Supply สามารถนำไปใช้เป็นประโยชน์กับวงจรภายนอก จะสามารถเลือกแรงดันได้ 0.0-25.0 V ได้โดยมีความละเอียดขั้นละ 0.1 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Report Power Supply Circuit Control By PC

Name Mr. Soonthorn Cheepjaraunrut

Mr. Sermsak Raksawong

Project report Miss. Monchanok Srisurekham

Department Industrial Technology

Academic 1995

Abstract

Using a microcomputer control power supply circuit This project consist the software and hardware. The software used Pascal language for programming This program have subprogram used for control external hardware.The hard ware consist 2 circuit are :

1. 8255 Port Circuit used for interface with external circuit.
2. Power Supply Circuit used D/A convertor control data of 8255. This power supply can used with the external circuit which can selected output voltage from 0.0 to 25.0 V. (0.1/step)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จได้โดยได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ อ.มนชนก ศริเสือ ขาม ซึ่งท่านได้ให้ ความห่วงใย ความปรารถนาดี คำแนะนำ ข้อคิดเห็นต่างๆ ในการทดลองวิจัย และตลอดจนได้รับความอนุเคราะห์เรื่องเครื่องมือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำปริญญานิพนธ์ ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ได้ให้ความห่วงใย และช่วยเหลือทางด้านการเงิน โดยส่วนดีของผลงานที่อาจมีโอกาสเผยแพร่ไปยังผู้แสวงหาความรู้ทางด้านนี้ ผู้จัดทำ ขอมอบเป็นเกียรติแก่ท่านอาจารย์ ส่วนข้อผิดพลาดหรือแนวทางที่ผิดนั้น ผู้จัดทำ น้อมรับไว้เพื่อแก้ไขในโอกาสต่อไป

นาย สุนทร ชิพเจริญรัตน์

นาย เสริมศักดิ์ รักษาวงศ์

15 มกราคม 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ

กิตติกรรมประกาศ

สารบัญ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงงาน 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1

1.3 ขอบเขตความสามารถของโครงงาน 2

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ 2

1.5 ระเบียบวิธีดำเนินโครงงาน 2

1.6 อุปกรณ์ที่จำเป็น 3

1.7 งบประมาณในการดำเนินโครงงาน 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ 4

2.1 พื้นฐานทั่วไปของไมโครคอมพิวเตอร์ 4

2.2 ตำแหน่งต่างๆ ของสล็อต IBM PC 8

2.3 ตำแหน่งต่างๆ เกี่ยวกับสัญญาณบนสล็อต IBM PC 9

2.4 การกำหนดหมายเลขพอร์ตบน IBM PC 14

2.5 ไอซี 8255 โปรแกรมมาเบิลเพอริเพอรัล อินเตอร์เฟสซิ่ง 15

2.6 A/D คอนเวอร์เตอร์ 31

2.7 D/A คอนเวอร์เตอร์ 41

2.8 การใช้งานไอซี 723 45

บทที่ 3 การใช้ PC ควบคุมวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย 47

3.1 วงจร 8255 I/O Pprt 48

3.2 วงจร D/A Convertor และ Power Supply 50

3.3 การใช้งานและวิเคราะห์โครงงาน 51

เอกสารอ้างอิง 53

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบัน การใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ มีใช้กันอย่างแพร่หลายไม่ว่า จะเป็น การใช้งานทางธุรกิจวิศวกรรมหรือใช้ส่วนตัวก็ตามเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์นั้น สามารถขยาย ความสามารถของระบบเพื่อประสิทธิภาพการทำงานหรือเพิ่มฟังก์ชั่นการทำงานของระบบได้โดย การเชื่อมต่อ เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์กับ วงจรภายนอก โดยใช้ไอซีเบอร์ 8255 เป็น Input Port เพื่อรับ DATA จากวงจรภายนอกและ Ourtput Port เพื่อส่ง DATA ไปควบคุมวงจรภายนอก

ในส่วนของวงจรภายนอกที่ออกแบบนี้จะประกอบด้วยวงจร Power Supply ซึ่งอาศัยวงจร DIGITAL TO ANALOG CONVERTOR

การออกแบบของวงรภายนอก จะคำนึงถึงความแม่นยำเป็นหลัก โดยการออกแบบจะแบ่งการใช้งานเป็น 2 ลักษณะ คือการใช้วงจร Power Supply ไปใช้งานในการทดลองได้ซึ่งหวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงเป็นประโยชน์ต่อท่านที่สนใจไม่มากก็น้อย

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงงาน

ในปัจจุบัน การใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ไปประยุกต์ใช้งานนั้นมีกันอย่างแพร่หลาย และส่วนหนึ่งในด้านการทดลองนั้นจำเป็นจะต้องมีชุด Power Supply ที่ดี และ เที่ยงตรงไมโครคอมพิวเตอร์ ก็สามารถประยุกต์ใช้งานทางด้าน การทดลองได้เช่นกัน รวมทั้งใช้ในการควบคุม การชาร์จแบตเตอร์รี่ได้อีกด้วย โครงงานนี้จึงเกิดขึ้นมาเพื่อศึกษาการประยุกต์การใช้งานของไมโครคอมพิวเตอร์ และสนองความต้องการของผู้ที่ทำงาน และกำลังศึกษาอยู่ขณะนี้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

จุดมุ่งหมายของโครงงานนั้นจะเน้นทางด้านการเพิ่มความสามารถของไมโครคอมพิวเตอร์ โดยการ ขยายระบบ เพื่อเป็นประโยชน์ให้มากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม การทำโครงการนี้จึงมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อออกแบบและสามารถใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ไปควบคุมวงจร Power Supply
2. เพื่อให้เป็น ต้นแบบ สำหรับนักศึกษา หรือ บุคคลที่สนใจจะนำไปศึกษา เพื่อความเข้าใจในการใช้ ไมโครคอมพิวเตอร์ เชื่อมาต่อใช้งานกับวงจรภายนอกได้
3. เพื่อใช้ วิชาความรู้ที่ได้ ศึกษาในหลักสูตร ให้เกิดประโยชน์ทางด้านการศึกษาเล่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียน และ อื่น ๆ ได้

4. เพื่อเป็นการประยุกต์ไมโครคอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์ให้มีความสามารถ และ ประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

5. สามารถนำไปประยุกต์ และ ปรับปรุงใช้งานในลักษณะต่างๆกัน

1.3 ขอบเขตความสามารถของโครงการ

สามารถใช้เป็น Power Supply ที่เลือก Voltage ได้ 0-25 V มีความละเอียดขั้นละ 0.1 V โดยจ่ายกระแสได้ 2 A.

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. สามารถนำเครื่องคอมพิวเตอร์ ประยุกต์ ใช้งานภายนอกได้โดยการ Interface

2. เป็นแนวทางของ การศึกษาต่อไป ของการนำไมโครพิวเตอร์ (PC) ไปประยุกต์งานอื่น ๆ

3.รู้เทคนิค ในการเขียนโปรแกรม และ ภาษาในการสั่งงาน หรือ ติดต่อใหม่ คอมพิวเตอร์ ทำงานได้อย่างเหมาะสม

4.รู้จักการ เชื่อมต่อ (Interface) ของไมโครคอมพิวเตอร์ และ ส่วนของโปรแกรมเพื่อควบคุม Hard Ward

1.5 ระเบียบวิธีดำเนินโครงงาน

1 ศึกษาการทำงาน และ การใช้งานเครื่อง ไมโครคอมพิวเตอร์ (PC)

2. ศึกษาการทำงาน และการใช้งานในส่วนของ Hard Ware ส่วนของการ interface วงจร 8255 I/O port, ชุดวงจร Power Supply , และส่วนของวงจร A/D Converter และ D/A Converter

3. ศึกษา ส่วนของ Soft Ware โดยใช้ภาษาเบสิก

4. ทำการออกแบบส่วนประกอบ ต่าง ๆ ของ Hard Ware และ Soft ware

5. ดำเนินการสร้างชุดของ Hard Ware และเขียนโปรแกรมทางด้าน Soft Ware

6. ทดลองการทำงานร่วมกันระหว่างส่วน Hard Ware และ Soft Ware

7. สรุปผลการทำโครงการข้อเสนอแนะ ปัญหาในการทำงาน รวบรวมข้อมูลทั้งหมดพิมพ์แก้ไข และ เสนอรายงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 อุปกรณ์ที่จำเป็นในการทำโครงงาน(ที่มีอยู่แล้วและต้องจัดหา)

1. Microcomputer

2. Multimeter

3. Photo Board

4. อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้เกี่ยวกับการประกอบส่วนของทางด้าน HardWare เช่นIC, Resistor ฯลฯ

5. อุปกรณ์ในการเชื่อมต่อ Microcomputer กับ Hard Were

1.7 งบประมาณในการดำเนินโครงงานประมาณ 5,000 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

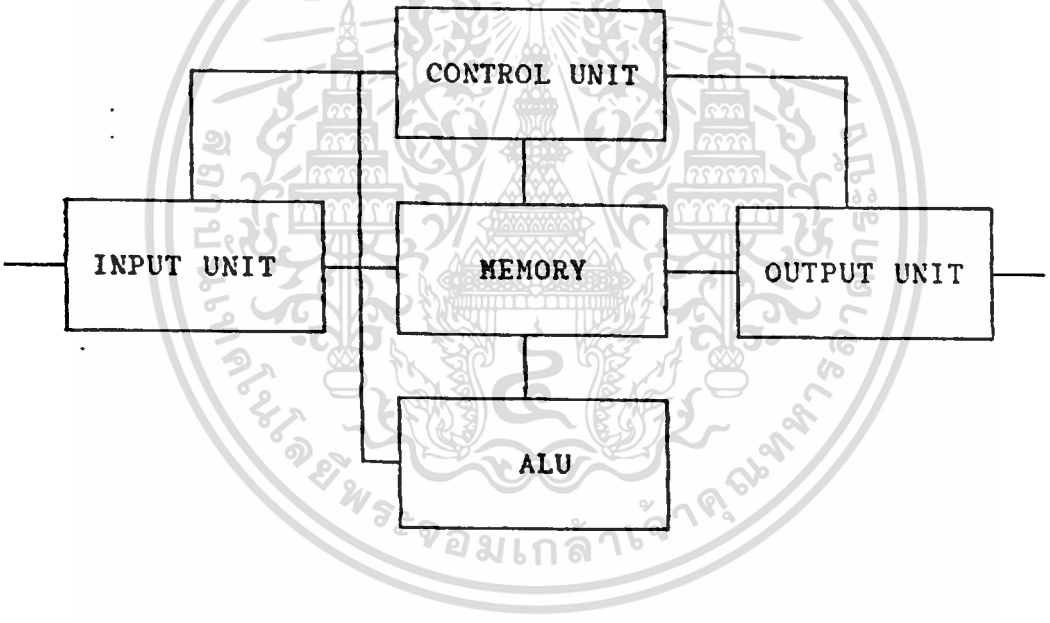
การใช้คอมพิวเตอร์เข้าไปเชื่อมต่อกับระบบภายนอกต่าง ๆ นั้นเช่น การควบคุมการแหล่งจ่ายไฟ (Power Supply) ในระบบไมโครคอมพิวเตอร์ มีการทำงานเป็นแบบดิจิตอล (Digital) การจะเชื่อมต่อเข้ากัสัญญาณอนาล็อก (Analog) จำเป็นต้องมีการเปลี่ยน สัญญาณดิจิตอล (Digital Signal) ให้เป็นสัญญาณอนาล็อกเสียก่อน เพื่อทำการควบคุมอุปกรณ์ภายนอกแบบอนาล็อกนั้นอุปกรณ์ภายนอก สัญญาณอนาลอกที่ถูกควบคุมโดยสัญญาณดิจิตอลจากคอมพิวเตอร์ในงานชิ้นนี้ก็คือวงจรแหล่งจ่ายไฟ (Power Supply)การเชื่อมต่อแบบอนาล็อกเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์จำเป็นต้องมี ตัวกลางในการแปลงสัญญาณอนาล็อกนั้นให้เป็นสัญญาณทางอิเลคทรอนิกส์ ตัวแปลงที่ใช้ก็คือ วงจรเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อก เป็นสัญญาณดิจิตอล และพอร์ดแบบขนานที่เราใช้คือ ไอซีเบอร์ 8255 โปรแกรมมาเบิลเพอริเพอรัล อินเตอร์เฟส ซึ่ง (Programmable Peripheral Interface) ซึ่งทำงานได้ง่าย การศึกษาได้เสนอระบบที่ใช้ควบคุมแหล่งจ่ายไฟ โดยใช้การแหล่งผันสัญญาณอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล และในทางกลับกันสามารถ เปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลให้อยู่ ในรูปสัญญาณอนาล็อก โดยใช้วงจรที่เรียกว่า การแปลงสัญญาณดิจิตัลเป็นสัญญาณอนาล็อก โดยเรานำไมโครคอมพิวเตอร์ มาควบคุมแหล่งจ่ายไฟ โดยใช้ส่วนอินเตอร์เฟส (Interface) ที่เราสร้างขึ้นมาทำการต่อเข้ากับไมโครคอมพิวเตอร์และต่อเข้ากับอุปกรณ์ภายนอก ก็คือชุดแหล่งจ่ายไฟตรง โดยที่เราจะใช้ในส่วนของซอฟต์แวร์ (Software) มาควบคุม ไมโครคอมพิวเตอร์อีกครั้งหนึ่ง โดยที่เราสามารถจัด (Set)ได้โดยที่ระบบควบคุม จะต้องมีการผิดเพี้ยนของสัญญาณการควบคุมน้อยที่สุด และแสดงผลการควบคุมได้

2.1 พื้นฐานทั่วไปของไมโครคอมพิวเตอร์

จากอดีตที่ผ่านมา ระบบคอมพิวเตอร์ ได้รับการพัฒนา และเปลี่ยนแปลงไปอย่างมากและยังมี แนวโน้มที่จะพัฒนาต่อไปอีกในอนาคต ซึ่งในปัจจุบันอุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ได้มีขนาดเล็กลง ทำงานรวดเร็วและมีความเชื่อถือได้มากขึ้น ดังนั้นจึงทำให้คอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีส่วนเกี่ยวข้อง กับชีวิตประจำวันในสังคมมนุษย์ไปอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้จะเห็นได้จากนำเอาคอมพิวเตอร์ เข้าไปใช้ในระบบการจัดการเกี่ยวกับธุรกิจระบบการควบคุมต่างๆ ภายในโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น และมีแนวโน้มที่จะนำมาประยุกต์ใช้เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ การใช้ไมโครโปร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซสเซอร์ (Microprocessor) ควบคุมความเร็วมอเตอร์ก็เป็นอีกวิธีหนึ่ง ที่นำเอา ระบบคอมพิวเตอร์ เข้ามาประยุกต์ใช้ อย่างมีประสิทธิภาพซึ่งมีผลดี คือ ให้ความแม่นยำในการควบคุมสูง มีการตอบต่อปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นค่อนข้างรวดเร็วและยังให้ความสะดวกสบาย ในการทำงานเพราะวิธีการควบคุม โดย ซอฟท์แวร์ (Software) นั้นเมื่อต้องการแก้ไขคำสั่ง ก็สามารถกระทำได้ง่าย โดยการเปลี่ยนแปลงซอฟท์แวร์เท่านั้นไม่ต้องไปเปลี่ยโครงสร้าง ทางด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware)ซึ่งเป็นความยุ่งยากในทางปฏิบัติ ส่วนประกอบต่างๆของไมโครคอมพิวเตอร์จะเชื่อมต่อกันด้วย (Bus) ส่วนประกอบเหล่านี้ จะมีลักษณะเป็นไอซีแบบ LSI (Large Scale Intregrated Circuit) ในรูปที่ 2.1.1



รูปที่ 2.1.1 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอมพิวเตอร์

จะแสดงถึง โครงสร้างพื้นฐานของ ไมโครคอมพิวเตอร์ทั่วๆ ไป และเราสามารถอธิบายถึง ส่วนประกอบของไมโครคอมพิวเตอร์แยกเป็นส่วน ๆ ได้ 3 ส่วนคือ

- ไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocessor)
- หน่วยความจำ (Memory)
- อุปกรณ์อินพุท-เอาท์พุท (Input-Output)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 ไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocessor)

ส่วนไมโครโปรเซสเซอร์นี้ ถือว่าเป็นหัวใจและสมองของระบบคอมพิวเตอร์ จะทำหน้าที่ตามคำสั่ง หรือโปรแกรมที่ผู้ใช้เขียนขึ้นโดยมีซีพียู (CPU:Central ProcessorUnit) เป็นตัวควบคุมการทำงานของอุปกรณ์อื่นๆ ที่ทำหน้าที่ต่างกันให้ทำงานสอดคล้องกัน ซีพียูนี้จะทำหน้าที่จัดลำดับการทำงาน ก่อน-หลัง ตามความสำคัญของโปรแกรม ซึ่งขณะทำงาน โปรแกรมเหล่านี้จะถูกเก็บเข้าไว้ในหน่วยความจำ (Memory Unit) ซึ่งมีสายข้อมูล (Data Bus) และสายตำแหน่ง (Address Bus) ที่ต่อเข้ากับสายข้อมูล และสายตำแหน่งของไมโครโปรเซสเซอร์ ภายในไมโครโปรเซสเซอร์จะมีส่วนประกอบสำคัญอยู่ 3 ส่วนคือ

2.1.1.1 หน่วยคำนวณ (ALU:Aritgermatec and Logical Unit)

เป็นหน่วยความจำ ที่ทำหน้าที่ คำนวณผลทางคณิตศาสตร์ และตรรกศาสตร์ เช่นการ บวก ลบ AND หรือ OR กันในแต่ละบิทของข้อมูล ซึ่งผลลัพธ์ของการคำนวณทุกครั้งจะถูกเก็บเอาไว้ใน หน่วยความจำชั่วคราว หรือรีจิสเตอร์ (Registor) เรียกว่าแอคคิวมูเลเตอร์ (Accumulater:A Registor) และจะแสดงสภาวะของผลลัพธ์ที่คำนวณได้ที่แฟลกรีจิสเตอร์ (Flag:F Registor)

2.1.1.2 รีจิสเตอร์ที่ใช้เก็บข้อมูล (Data Registor)

เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูลชั่วคราว หลังจากทำการคำนวณ หรือเป็นที่รอพักข้อมูลระหว่างการเคลื่อนย้ายตำแหน่งภายในของ CPU เอง หรือหน่วยความจำอื่นๆ CPU เบอร์Z-80 นั้นจะมีรีจิสเตอร์ที่ใช้เก็บข้อมูลหลักๆ คือ AF, BC, DE, และ HL จะเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิท(Bit) สามารถใช้แยกกันทีละ 8 บิทได้ รีจิสเตอร์หลักทั้งหมดนี้ จะมีบัสข้อมูล(Data Bus) 8 สาย ต่อถึงกันหมด และยังต่อกับ บัสข้อมูลขนาด 8 บิท จากภายนอกอีกด้วย

2.1.1.3 รีจิสเตอร์ที่ใช้เก็บข้อมูลของแอดเดรส (Address Registor) เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูลชั่วคราว หลังจากการทำงานหรือเป็นที่รอพักข้อมูลระหว่างการย้ายตำแหน่งภายในของ CPU อ้างถึงตำแหน่งของอุปกรณ์เหล่านี้ได้รีจิสเตอร์ที่ใช้เก็บตำแหน่งข้อมูลใน Z-80 คือ โปรแกรมเคาท์เตอร์ (PC:Program Counter) และแสตคพอยท์เตอร์(SP:Stack Pointer)

2.1.1.4 หน่วยควบคุม (Control Unit)

ถือว่าเป็นหัวใจของขบวนการทั้งหมด โดยจะส่งสัญญาณคอยควบคุมให้จังหวะแก่หน่วยอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ทำงานไม่ซับซ้อน หน่วยควบคุมนี้จะรับคำสั่งมาจากหน่วยความจำ และแปลคำสั่งนั้นแล้วส่งสัญญาณเท่าที่จำเป็น ไปควบคุมหน่วยอื่น ๆ ให้เป็นไปตามคำสั่ง หน่วยควบคุมจะรู้ว่าคำสั่งต่อไปอยู่ที่ไหน ในหน่วยความจำ โดยมีตัวบอกตำแหน่ง คือ โปรแกรมเคาท์เตอร์

2.1.1.5 สัญญาณนาฬิกา (Clock)

เป็นฐานเวลาที่ป้อนให้กับชุดของ CPU แล้วจะใช้ฐานเวลานี้เป็นตัวควบคุมจังหวะการทำงานความถี่ของสัญญาณนาฬิกานี้จะเป็นตัวกำหนดความเร็วในการทำงานของไมโครโปรเซสเซอร์

2.1.2 หน่วยความจำ (Memory)

หน่วยความจำ เป็นหน่วยที่เก็บคำสั่ง และ ข้อมูลต่างๆ ทั้งหมดขนาดของหน่วยความจำจะขึ้นอยู่กับจำนวนตำแหน่งที่หน่วยความจำจะสามารถเก็บข้อมูลได้ หน่วยความจำแบ่งออกเป็น 2ชนิด

2.1.2.1 รอม (Rom : Read Only Memory)

การใช้งานในคอมพิวเตอร์นั้นข้อมูลบางอย่างเรานำไปเก็บไว้เพียงครั้งเดียวนั้น หลังจากนั้นก็อ่านออกมา ใช้แต่เพียงอย่างเดียว หน่วยความจำที่เหมาะกับงานนี้ก็ควรจะเป็นแบบเขียนได้และไม่สูญหายไป แม้ว่าจะไม่มีไฟเลี้ยงตามซึ่งก็คือรอมนั้นเอง มีอยู่ 3 แบบคือ

- รอม (ROM) เป็นหน่วยความจำ ที่โปรแกรมมาจากโรงงานผู้ผลิตเลย
- พรอม (PROM) เป็นหน่วยความจำที่ ผู้ใช้งานมาโปรแกรมเอง ตอนจะใช้งานตามต้องการ
- อีพรอม (EPROM) เป็นหน่วยความจำที่ผู้ใช้งานมาโปรแกรมเอง แต่สามารถลบออกได้ด้วยวิธีการอันเหมาะสม เช่น การฉายแสงอุลตร้าไวโอเลต หน่วยความจำแบบ ROM นี้จะใช้เก็บโปรแกรมสำหรับ ระบบโปรแกรมมอนิเตอร์

2.1.2.2 แรม (RAM : Read Access Memory)

เป็นหน่วยความจำที่สามารถอ่านและเขียนข้อมูลลงไปได้ มีข้อดีคือใช้แรมในการพัฒนาโปรแกรม เพราะสามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้ง่าย เมื่อพัฒนาโปรแกรมเสร็จแล้วจึงจัดเก็บข้อมูลลงไปในรอมอีกที เพื่อเป็นการเก็บข้อมูลอย่างถาวรต่อไป ข้อเสีย คือขณะที่ใช้งานอยู่ถ้าเกิดไฟดับจะทำให้ข้อมูลต่างๆ ถูกลบไปด้วย แต่จะมีแรมอีกแบบหนึ่งคือ แรมแพค (RAM Pack)ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลไว้ได้เมื่อไฟดับไป เพราะแรมชนิดนี้จะมีแบตเตอรี่คอยจ่ายไฟเลี้ยงไว้จนกว่าแบตเตอรี่จะหมดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 อุปกรณ์อินพุท-เอาท์พุท (Input-Output)

เป็นอุปกรณ์ภายนอก ที่ทำหนาที่ติดต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์อินพุทก็คือแหล่งกำเนิดสัญญาณข้อมูล ให้กับ ไมโครโปรเซสเซอร์ อุปกรณ์เอาท์พุท ก็ คือแหล่งที่รับข้อมูลมาจากไมโครโปรเซสเซอร์โดย CPU จะส่งสัญญาณเลือกอุปกรณ์ตัวใดตัวหนึ่งพร้อมกับข้อมูลที่จะส่งหรือรับซึ่งจะเชื่อมต่อกับ CPU และ บัสต่าง ๆ ดังนี้

2.1.3.1 แอดเดรสบัส (Address Bus)

เป็นบัสทางเดียวใช้ส่งผ่านค่าแอดเดรสจาก CPU ออกไปจากหน่วยความจำ เพื่อระบุตำแหน่งที่ต้องการ รับ หรือส่งข้อมูล หรือใช้ระบุตำแหน่งของพอร์ท อินพุท-เอาท์พุทที่ CPU ต้องการติดต่อด้วย

2.1.3.2 บัสควบคุม (Control Bus)

เป็นบัสทางเดียวที่ใช้ส่งผ่านสัญญาณควบคุมให้อุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบ

2.1.3.3 บัสข้อมูล (Data Bus)

เป็นบัส 2 ทิศทางที่ใช้ในการส่งผ่านข้อมูลระหว่าง CPU กับอุปกรณ์อื่นๆ ในระบบจำนวนเส้นของบัสข้อมูล จะขึ้นอยู่กับในกรณีของ Z-80 นั้นCPU จะส่งผ่านข้อมูลทีละ 8 บิท ดังนั้นจะมีจำนวนเส้นของชนิดของ CPU บัสข้อมูล 8 เส้น

2.2 ตำแหน่งของสล็อต IBM PC

ภายใน IBM/PC ได้มีการออกแบบให้สามารถเพิ่มเติมวงจรอินเตอร์เฟสเข้าไปในภายหลังได้โดยผ่านทางสล็อตที่อยู่บนเมนบอร์ด (Main Board) สำหรับสล็อตบนเมนบอร์ดมีจำนวน 5 สล็อต (IBM/PC มี 8 สล็อต) แต่ละสล็อตมีจำนวนขาทั้งสิ้น 62 ขา แบ่งออกเป็น 2 ข้าง ๆ ละ 31 ขา ตำแหน่งของขาสล็อตที่อยู่ทางด้านซ้ายของสล็อตจะเรียกโดยใช้อักษร B นำหน้าเลขตำแหน่งของขา เช่น ขา B10 ก็คือขาทางด้านซ้ายของสล็อตขาที่ 10 นับจากทางด้านท้ายของเครื่อง ส่วนขาที่อยู่ทางด้านขวา ของสล็อต จะเรียก โดยใช้อักษรA นำหน้าเลขตำแหน่งของขา เช่น ขา A24 ก็คือขาทางด้านขวาของสล็อต ขาที่ 24 (นับจากทางด้านท้ายของเครื่อง) แต่ละขาของสล็อตเหล่านี้จะเชื่อมต่อกับเส้นสัญญาณต่างบนเมนบอร์ด ทำให้การสร้างวงจรอินเตอร์เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับ IBM/PC สามารถกระทำได้โดยสะดวกเส้นสัญญาณที่เชื่อมต่อกับขาสล็อตเหล่านี้ ประกอบไปด้วยเส้นสัญญาณ ของแอดเดรส (Address Bus) บัสข้อมูล (Data Bus) บัสควบคุม (ControlBus) สำหรับการเขียน / อ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ หรือ พอร์ต I/O Check) นอกจากเส้นสัญญาณเหล่านี้แล้ว สล็อตบนเมนบอร์ดก็ยังเชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายไฟต่างๆ คือ +5Vdc, -5Vdc,+12Vdc และ -12Vdc ตำแหน่ง ต่าง ๆ บนสล็อตของ IBM/PC แสดงดังรูปที่2.2.1

2.3 ตำแหน่งต่างๆ เกี่ยวกับสัญญาณบนสล็อต IBM/PC

สัญญาณต่างๆบนสล็อตของ IBM/PC มีหลายสัญญาณแต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะสัญญาณต่างๆที่เกี่ยวกับโครงงานนี้ ซึ่งเป็นสัญญาณที่จำเป็นที่ต้องใช้เกี่ยวกับการเขียน / อ่านข้อมูลกับหน่วยความจำและพอร์ต I/O เท่านั้น

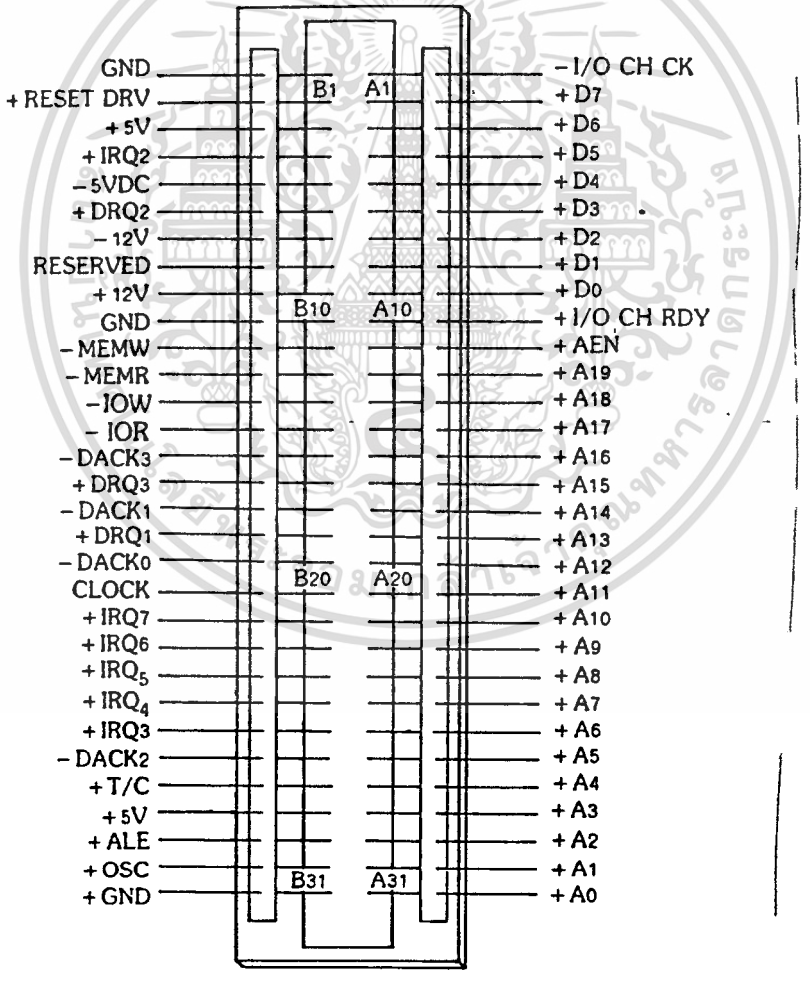
2.3.1 Ao-A19 (Address Bus ; ขา A31-A12) :

ขาสัญญาณทั้ง 20 ขานี้เป็นเอาท์พุต ซึ่งใช้กำหนดแอดเดรสของหน่วยความจำ หรืออุปกรณ์ I/O ที่ 8088 ต้องการจะติดต่อด้วยโดยที่สัญญาณ A0 จะมีนับสำคัญต่ำสุดสำหรับแอดเดรสบนบัส A0-A19 นี้จะถูกกำหนดโดย 8088 ในระหว่างขบวนการอ่าน / เขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำหรืออุปกรณ์ I/O แต่ในช่วงของขบวนเอง (ในระหว่างนี้ 8088 จะถูกตัดออกจากระบบ)จะเห็นได้ว่าจำนวนเส้นแอดเดรสนี้จะมีอยู่ 20 เส้น ซึ่งสามารถที่จะอ้างแอดเดรสของหน่วยความจำได้ถึง 1 Mbyte แต่อย่างไรก็ตามจะมีแอดเดรสบางแอดเดรสที่ถูกใช้งานโดย IBM/PCอยู่ก่อนแล้ว คือแอดเดรสของหน่วยความจำ RAM บนเมนบอร์ดที่ถูกใช้งานโดย IBM/PC อยู่ก่อนแล้ว คือแอดเดรสของหน่วยความจำ RAM บนเมนบอร์ดที่ถูกใช้โดยระบบจำนวน 64 Byte(สำหรับ IBM PC /XT จะเป็นจำนวน 256Byte)และแอดเดรสสำหรับหน่วยความจำ ROM อีก 48 Kbyte ซึ่งถูกจัดในช่วงของแอดเดรสบนสุดใน 1 Mbyte คือ OFCOOH (สำหรับ IBM PC/XT จะเป็น 64 K byte) สำหรับ การอ้างแอดเดรสของพอร์ต I/Oใช้เส้นแอดเดรสเพียง 16 เส้นคือ A0-A158 ซึ่งจะทำให้อ้างแอดเดรสของพอร์ตได้ 64 กิโลพอร์ต โดยผ่านทางชุดคำสั่ง IN และ OUT นั้นจะไม่ถูกใช้งาน อย่างไรก็ตามภายใน IBM/PC จะใช้แอดเดรสในการอ้างแอดเดรสของพอร์ตเพียง 10 เส้นคือจาก A0-A9 และค่าแอดเดรสที่ใช้งานจะต้องอยู่ในช่วง 0200H-03FFH เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 DO-D7 (Data Bus ; ขา A9-A2) :

ขาสัญญาณนี้จะเป็นแบบ Bi - Directional ซึ่งต่อกับบัสข้อมูล ของระบบเพื่อทำหน้าที่ในการ ส่งผ่านข้อมูล ระหว่างพอร์ต I/O กับ IBM/PC โดยบิต D0 จะมีนัยสำคัญต่ำสุด และบิต D7 จะมีนัยสำคัญสูงสุด สำหรับในบัสไซเคิลของการเขียนข้อมูล ที่สร้างข้อมูลที่สร้างขึ้นโดย 8088 นั้น ข้อมูลจะถูกส่งผ่านออกมาบนบัสข้อมูลก่อนที่สัญญาณ IOW (ในกรณีที่ต้องการส่งข้อมูลให้กับพอร์ต)หรือ MEMW (ในกรณีที่ต้องการส่งข้อมูลให้กับหน่วยความจำ) จะเปลี่ยนจากลอจิก "0" เป็นลอจิก "1" (ขอบขาขึ้น) ซึ่งโดยทั่วไปขอบขาขึ้นของสัญญาณ IOW หรือ MEMW นี้จะถูกใช้เพื่อสั่งให้พอร์ต I/O หรือหน่วยความจำที่มี แอดเดรสตรง กับค่าแอดเดรสบนบัสแอดเดรสนั้น



รูปที่ 2.2.1 แสดงตำแหน่งขาบนสล็อตของ IBM/PC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รับข้อมูลไปเก็บไว้ สำหรับในบัสไซเคิล ของการอ่านข้อมูลที่สร้างขึ้นโดย 8088 นั้น พอร์ต I/O หรือหน่วยความจำที่ถูกอ้างถึง จะต้องส่งข้อมูลออกมาบนบัสข้อมูล ก่อนที่สัญญาณ IOR (ในกรณีที่ต้องการอ่านข้อมูลจากพอร์ต) หรือ MEMR (ในกรณีที่ต้องการอ่าน ข้อมูลจากหน่วยความจำ) จะเปลี่ยนจากลอจิก "0" เป็นลอจิก "1" (ขอบขาขึ้น)

2.3.3 RESET DRV (ขา B2) :

ขาสัญญาณนี้เป็นเอาท์พุต ซึ่งจะเป็นแอคทีฟ (ลอจิก "1") ในช่วงที่เราเริ่มจ่ายไฟให้กับระบบ และจะยังคงแอคทีฟไปจนกว่าระบบต่าง ๆ ภายใน IBM/PC จะพร้อมที่จะทำงานถ้าระดับแรงดันของแหล่งจ่ายไฟตกลง สัญญาณนี้ก็จะถูกทำให้แอคทีฟเช่นกัน โดยทั่วไปแล้วสัญญาณนี้ จะถูกนำไปใช้ใน การรีเซ็ทวงจรอินเตอร์เฟส หรืออุปกรณ์เหล่านั้น ถูกปรับให้อยู่ ในสภาวะที่แน่นอนก่อนที่จะเริ่มต้น การทำงานในระบบ (สภาวะนี้เป็นสภาวะที่เราทราบ และต้องการให้วงจรทำงานในขณะที่ระบบถูก รีเซ็ท)

2.3.4 ALE (Address Latch Enable; ขา B28) :

ขาสัญญาณนี้เป็นสัญญาณเอาท์พุตที่ 8288 Bus Controller สร้างขึ้นเพื่อใช้สำหรับแสดงการ เริ่มต้นของบัสไซเคิล และแสดงให้อุปกรณ์ภายนอกทราบว่า แอดเดรสที่ 8088ต้องการจะติดต่อด้วยนั้น ถูกส่งออกมาบนแอดเดรสที่ถูกต้อง ถูกส่งออกมาบนบัสข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ดังนั้นขอบขาลงของสัญญาณ ALE นี้จะถูกใช้ใน การแลทช์ค่าแอดเดรสจากบัสแอดเดรสฝข้อมูล (Address/Data Bus;AD0-AD7)ของ 8088 ทำให้ สามารถแยกค่าแอดเดรส (A0-A19) และข้อมูล (A0-A7) ออกจากกันได้ อย่างไรก็ตามสัญญาณ ALE จะแอคทีฟเฉพาะ ในบัสไซเคิลที่สร้างขึ้นโดย 8088 เท่านั้น โดยจะไม่ แอคทีฟในระหว่างขบวนการ DMA

2.3.5 MEMW (Memory Write ; ขา B11) :

ขานี้เป็นเอ้าท์พุตแอคทีฟที่ลอจิก "0"ซึ่ง 8288 Bus Controller ที่สร้างขึ้นในระหว่างบัสไซเกิลในการ เขียนข้อมูล ลงในหน่วยความจำของ 8088 สัญญาณ MEMW นี้จะถูกส่งออกมาเพื่อให้หน่วยความจำที่แอดเดรส ตรงกับค่าแอดเดรสบนบัสแอดเดรสนั้นทำการรับข้อมูลที่อยู่บนบัสข้อมูลไปเก็บไว้ โดยทั่วไปหน่วยความจำจะรับข้อมูลในช่วงของขาขึ้นของสัญญาณ MEMW สำหรับในระหว่างขบวนการ DMA และสัญญาณ MEMW จะถูกใช้บัสไซเคิลของการเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำ (ข้อมูลถูกส่งจากอุปกรณ์ I/O ไปให้กับหน่วยความจำ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6 MEMR (Memory Read ; ขา B12) :

ขานี้เป็นเอาท์พุตจาก 8288 ซึ่งสัญญาณนี้จะแอคทีฟลอจิก "0" ในระหว่างบัสไซเคิลของการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำของ 8088 เพื่อทำให้หน่วยความจำที่มีแอดเดรสตรงกับค่าแอดเดรส บนบัสแอดเดรสนั้น ทำการส่งข้อมูลออกมา บนบัสข้อมูล โดยหน่วยความจำนั้นจะต้องส่งข้อมูลออกมาในช่วงเวลา 30 nanosec ก่อนที่สัญญาณ MEMW จะกลับเป็นลอจิก "1" ทั้งนี้ก็เพื่อให้ 8088 ได้รับข้อมูลที่ถูกต้อง สำหรับในระหว่างขบวนการ DMA นั้น DMA-Controller จะถูกควบคุมบัสต่าง ๆ ของระบบแทน 8088 และสัญญาณ MEMR จะถูกใช้ในบัสไซเคิล ของการอ่านข้อมูล จาก หน่วยความจำ (ข้อมูล ถูกส่งจากหน่วย ความจำไปให้กับอุปกรณ์)

2.3.7 IOR (I/O Read; ขา B14) :

ขาสัญญาณนี้เป็นเอาท์พุตแอคทีฟที่ลอจิก"0"ที่สร้างขึ้นโดย 8288 Bus Controller เพื่อใช้ในการแสดงว่า บัสไซเคิลที่เกิดขึ้นนี้ เป็นบัสไซเคิล ของการ อ่านข้อมูล จากพอร์ตI/O เพื่อใช้พอร์ต I/O ที่มีแอดเดรส ตรงกับแอดเดรสบนบัส แอดเดสนั้นส่งข้อมูลออกมาบนบัสข้อมูล โดยข้อมูลจะต้องถูกส่งออกมา บนบัสข้อมูลก่อนของขาขึ้นของสัญญาณ IOR ประมาณ 30 nano sec เพื่อให้มั่นใจว่า 8088 สามารถรับข้อมูลได้ถูกต้อง สำหรับในขบวนการ DMA 8237A -5 DMA Controller จะทำการสร้างสัญญาณ IOR เอง โดยที่ค่าแอกดเดรสของพอร์ต I/O) ที่พอร์ต I/O ที่ขอ DMA ต้องการจะนำข้อมูลไปเก็บ การที่พอร์ตใดจะส่งข้อมูลออกมาบนบัส ข้อมูลนั้นจะอาศัยสัญญาณ DACK จาก DMA Controller เป็นตัวกำหนด เช่น กรณีที่สัญญาณ DACK แอคทีฟก็จะแสดงว่า พอร์ต I/O ที่ ต้องส่งข้อมูลออกมาบนบัสข้อมูลก็คือ พอร์ต I/O ที่ขอ DMA ผ่านทางแชนแนลที่ 1 (DRQ1) เป็นต้น

2.3.8 IOW (I/O Write : ขา B13 :

ขาสัญญาณนี้เป็นเอาท์พุตแอคทีฟ ที่ลอจิก "o" ซึ่งถูกสร้างขึ้น โดย 8288 Bus Controller เพื่อใช้แสดงว่า บัสไซเคิลที่เกิดขึ้นนี้ เป็นบัสไซเคิลของการ เขียนข้อมูลลงบนพอร์ต I/O เพื่อให้ I/O ที่มีแอดเดรสตรงกับแอดเดรสบนบัสแอดเดรสนั้น รับข้อมูลที่อยู่บนบัสข้อมูลไปเก็บไว้ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากในช่วงเวลาที่สัญญาณ IOW นี้ แอคทีฟลอจิก "0" นั้นข้อมูล บนบัสข้อมูลอาจจะยัง ไม่สมบูรณ์ ดังนั้นในการออกแบบจึงควรใช้ขอบขาขึ้นของสัญญาณ IOW แทนขอบขาลงในการทำให้พอร์ต I/O ที่เกี่ยวข้องรับข้อมูลไปเก็บไว้เพื่อให้ข้อมูลบนบัสข้อมูลสมบูรณ์เสียก่อน สำหรับในขบวนกการ DMA นั้น DMA-Controller จะทำการสร้าง สัญญาณ IOW เอง โดยที่ค่าแอดเดรสที่อยู่บนบัส แอดเดรสจะเป็นค่าแอดเดรส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของหน่วยความจำที่พอร์ต I/O ที่ขอ DMA ต้องการจะอ่านข้อมูล

2.3.9 +5 Vdc (ขา B3 และ B29) :

ขาทั้งสองนี้ ต่อกับ แหล่งจ่ายไฟ DC. +5V ของระบบ โดยจะมีค่าความเที่ยงตรง (Regulate) + 5% คือ อยู่ในช่วง +4.75 ถึง +5.25 Vdc.

2.3.10 +12Vdc (ขา B9) :

ขานี้จะ ต่อกับ แหล่งจ่ายไฟ DC.+12 V. ของระบบ โดยจะมีค่าความเที่ยงตรง (Regulate) +5% คือ อยู่ในช่วง +11.4 ถึง +12.6 Vdc"

2.3.11 -5Vdc (ขา B5) :

ขานี้จะ ต่อกับแหล่งจ่ายไฟ DC. - 5V. ของระบบ โดยจะมีค่า ความเที่ยงตรง (Regulate) + 10% คือ อยู่ในช่วง -5.5 ถึง -4.5 Vdc.

2.3.12 -12Vdc (ขา B7) :

ขานี้จะ ต่อกับ แหล่งจ่ายไฟ DC.-12 V.ของระบบโดยจะมีค่าความเที่ยงตรง (Regulate) + 10% คือ อยู่ในช่วง -13.2 ถึง -10.8 Vdc.

2.3.13 GND (ขา B1,B10 และ B13) :

ขาทั้ง 3 นี้จะต่อเข้ากับกราวด์ (Ground) ของระบบ การจัดสัญญาณบนสล็อตของ IBM PC/XT นั้นจะมีสล็อตสำหรับเชื่อมต่อกับวงจรภายนอกได้มากขึ้นคือใน IBM PC/XT จึงทำการเพิ่มจำนวนสล็อตบนเมนบอร์ดขึ้นเป็น 8 สล็อต จะยังคงเหมือนกันใน IBM PC เพียงแต่สัญญาณต่างๆ ที่จะถูกส่งออกมายังขาของสล็อตทั้ง 8 นั้น จะถูกต่อผ่านวงจรขับกระแส (Buffer) ก่อน และสล็อตที่ 8 นี้ขา B8 จะถูกใช้งานด้วย โดยจะถูกใช้เป็นขา CARD SLCTD (หรือ Card Select) ซึ่งขาสัญญาณนี้จะเป็นสัญญาณอินพุตจากวงจรภายนอกที่เสียบอยู่บน สล็อตที่ 8 เพื่อให้วงจรบนเมนบอร์ดทราบว่าการ์ดที่อยู่บนสล็อตนี้ ถูกเลือกใช้งานซึ่งอยู่จะทำให้ Driver บนเมนบอร์ดทำการอ่าน หรือ ส่งข้อมูลไปยังสล็อตที่ 8 เนื่องจากใน IBM/PC ได้ใช้งานเส้นแอดเดรสเพียง 10 เส้น (คือ A0-A9)ดังนั้นจึงสามารถที่จะอ้างแอดเดรสของพอร์ตได้สูงสุดเพียง 1024 พอร์ต (จากจำนวน 64 K. พอร์ต) เท่านั้น นอกจากนี้ในกรณีที่เป็นการอ่านข้อมูลจากพอร์ตของ IBM/PC ข้อมูลในบิต A9 จะถูกจัดให้มีหน้าที่ในการแบ่งพอร์ตทั้ง 1024 พอร์ต ออกเป็น 2 ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ส่วนละ 512 พอร์ต) อีกด้วย กล่าวคือถ้าข้อมูลในบิต A9 เป็น "0" แล้วเราจะทำการอ่านข้อมูลได้เฉพาะ จากพอร์ตของอุปกรณ์ หรือ ชิพชับพอร์ตต่างๆ ที่อยู่บนเมนบอร์ต (Mainboard) ของ IBM/PC เช่น 82535,8237-5 หรือ 8259A เท่านั้น แต่ถ้าข้อมูลในบิต A9 นี้เป็น "1" ก็จะทำการอ่านข้อมูลได้เฉพาะ จากพอร์ตที่อยู่บนการ์ดต่าง ๆ เท่านั้น

2.4 การกำหนดหมายเลขพอร์ตใน IBM/PC

สำหรับไมโครโปรเซสเซอร์ 16 บิต นี้จะต้องมีความเข้ากันได้ หรือคอมพาทิเบิ้ล (Compatile) ทางฮาร์ดแวร์กับระบบไมโครคอมพิเตอร์ 16 บิต IBM/PC ดังนั้นส่วนของฮาร์ดแวร์จะต้องกำหนดให้ได้หมายเลขพอร์ตเหมือนกัน หมายเลขพอร์ตที่ใช้จะมีลักษณะเป็นแบบกำหนดตายตัว จะเคลื่อนย้ายไปที่อื่นไม่ได้ เพราะอาจจะมีปัญหาสำหรับสำหรับโปรแกรมหรือซอฟต์แวร์ในบางระดับที่จัดการเกี่ยวกับพอร์ต โดยตรงได้

หมายเลขพอร์ตที่ใช้ได้รับการกำหนดดังนี้

000H-00FH	พอร์ตของชิฟ์ DMA 8237ฤ
020H-021H	พอร์ตของชิฟอินเตอร์รัพต์คอนโทรลเลอร์ 82559A
040H-043H	พอร์ตของไอซีไทม์เมอร์ 8253
060H-063H	พอร์ตของ 8255A ที่อยู่บนเมนบอร์ต
080H-083H	พอร์ตของดีเอ็มเอที่ที่ใช้กำหนดเพจ (Page Register)
0AX	ริจิสเตอร์ที่ใช้สำหรับ MNI
0CX	สงวนไว้
0EX	สงวนไว้
200H-20FH	พอร์ตที่ใช้ในการควบคุม
210H-217H	ส่วนขยายเพิ่มต่อ
220H-24FH	สงวนไว้
278H-27FH	สงวนไว้
2F0H-2F7H	สงวนไว้
2F8H-2FFH	พอร์ตสื่อสาร COM 2
300H-31FH	โปรโตไทม์การ์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

320H-32FH	วงจรควบคุมฮาร์ดดิสก์
378H-37FH	เครื่องพิมพ์แบบขนาน
3B0H-3BFH	วงจรสื่อสาร SDLC
3A0H-3AFH	สงวนไว้
3B0H-3BFH	วงจรควบคุมการแสดงผลบน CRT แบบโมโนโครม
3C0H-3CFH	สงวนไว้
3D0H-3DFH	วงจรควบคุมการแสดงผลบน CRT แบบสี
3E0H-3EFH	สงวนไว้
3F0H-3F7H	วงจรควบคุมดิสก์ไดร์ฟ
3F8H-3FFH	วงจรควบคุมพอร์ตสื่อสาร COM 1

2.5 ไอซี 8255 โปรแกรมมาเบิ้ล เพอริเพอรัล อินเตอร์เฟสซิ่ง (Programmable Peripheral Interfacing)

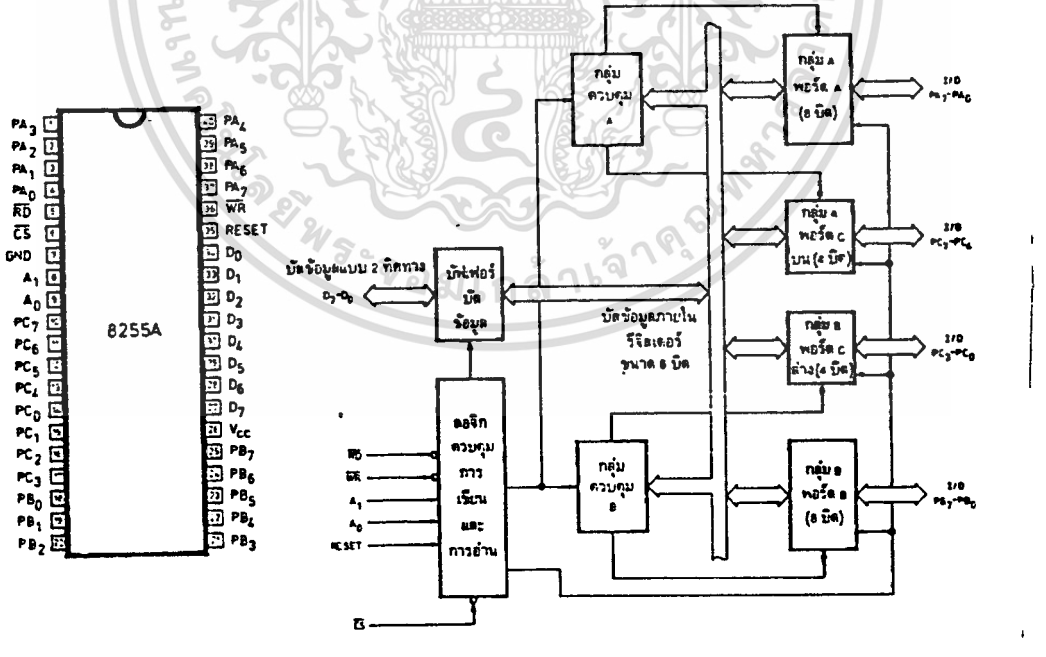
เป็นไอซีพอร์ทที่สามารถโปรแกรมการทำงานได้ ในการนำเอาไมโครโปรเซสเซอร์ไปใช้งานนั้น จำเป็นต้องให้ ไมโครโปรเซสเซอร์สามารถติดต่อกับโลกภายนอกได้ ซึ่งก็คือให้มันสามารถส่งสัญญาณมาควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ได้ เช่น สเต็ปปิ้งมอเตอร์ฯ ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ส่วนที่ทำได้ ไมโครโปรเซสเซอร์สามารถติดต่อกับโลกภายนอกได้ที่รู้จักกันดีคือ พอร์ต (Port) ซึ่งก็มีอยู่หลายลักษณะด้วยกัน เช่นเป็นตัวไอซีแบบไตรสเตท (Tri-state) เบอร์ 74LS244 หรือพวกแลทช์ (Latch) เช่น 74LS374 เหล่านี้สามารถนำเอามาต่อใช้งานกับ CPU ได้ง่ายที่สุด โดยตัว CPU จะเป็นตัวควบคุมการอ่านเขียนพอร์ท หากเป็นการอ่านข้อมูลจากพอร์ทก็มักจะใช้ ไอซีแบบ ไตรสเตท เป็นอินพุทโดยตัว CPU จะส่งสัญญาณไปเปิดเกทของ ไตรสเตทนี้ให้ข้อมูลเข้ามาสู่สายข้อมูล (Data Bus) และ เข้าสู่ไมโครโปรเซสเซอร์ หรือ CPU ต่อไป แต่สำหรับ พอร์ทเอ้าพุทก็จะใช้ แลทช์ฟลิบ-ฟลอบ ทำหน้าที่ รับสัญญาณข้อมูลจาก ไมโครโปรเซสเซอร์มาแลทช์ไว้ที่ตัวมัน (CPU ส่งสัญญาณมาทริก) เพื่อให้อุปกรณ์ภายนอก นั้นรับสัญญาณจากตัวแลทช์นี้ไปอีกที่หนึ่ง ที่ทำเช่นนี้เพราะตัวไมโครโปเซสเซอร์ หรือ CPU นี้ทำงานเร็วมากซึ่งในช่วงของการส่งข้อมูลออกพอร์ทจะใช้เวลาไม่กี่ไมโครเซค (uS) ซึ่งอาจจะทำให้อุปกรณ์ภายนอกนั้นรับไม่ทัน มีบริษัทต่างๆ เล็งเห็นความสำคัญ ของการติดต่อระหว่าง CPU กับอุปกรณ์ภายนอกนี้ จึงทำได้ ทำไอซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำเร็จรูปขึ้นหลายเบอร์ และที่จะขอนำมากล่าวในที่นี้ก็คือ ไอซีเบอร์ 8255 ซึ่งเป็นของบริษัท อินเทล ซึ่งได้ออกแบบมาใช้กับ CPU เบอร์ 8080 แต่เราสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับเบอร์อื่นๆได้โดยไม่ยาก สาเหตุที่ 8255 เป็นที่นิยมมาก ก็เพราะว่ามันสามารถถูกโปรแกรมให้ทำงานในลักษณะต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น อินพุท,เอ้าท์พุท หรือ แม้แต่แบบแฮนด์เชคกิ้ง (Handshaking) ได้ทั้ง ยังราคาถูกอีกต่างหาก

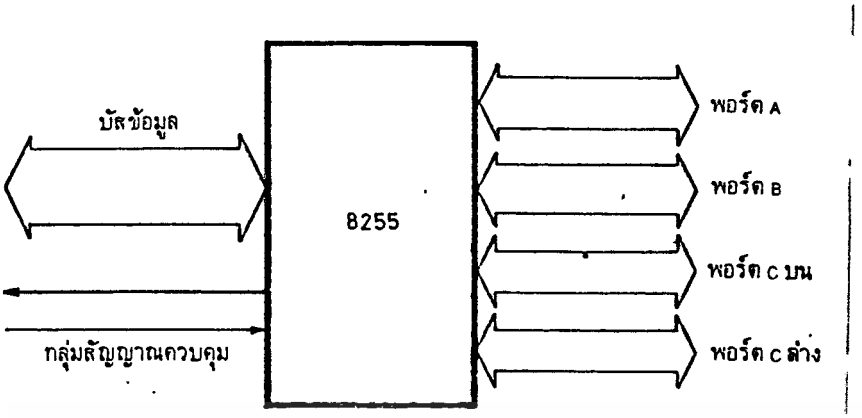
2.5.1 ลักษณะทั่วไปของ 8255

เป็นไอซีขนาด 40 ขา ตัวแบนโดยแยกเป็นลักษณะของบล็อกง่าย ๆ ดังรูปที่ 2.5.1 คือจะมีพอร์ทให้ใช้งานได้ถึง 3 พอร์ท (เป็นขนาด 8 บิท) พอร์ท A, พอร์ท B, พอร์ทและพอร์ท C โดยพอร์ท C นี้สามารถแยกได้เป็น 2 ส่วนคือพอร์ท C บนตั้งแต่ PC_4-PC_7 จำนวน4บิทและพอร์ท C ล่างตั้งแต่PC_0-PC_3 โดยพอร์ททุกพอร์ท(A,B,C)สามารถโปรแกรมได้ให้อินพุทหรือเอ้าท์พุทซึ่งจะได้กล่าวถึงการ โปรแกรมในรายละเอียดต่อไป



รูปที่ 2.5.1 บล็อกไดอะแกรมของไอซีเบอร์ 8255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่2.5.2 แสดงโครงสร้างภายในของไอซี 8255

ในรูปที่ 2.5.2 จะเห็นสร้างภายในที่แสดงถึงกลุ่มควบคุมที่มีอยู่ 3 กลุ่มคือ

กลุ่มควบคุมชุด A จะควบคุมพอร์ต A และพอร์ท C บน
กลุ่มควบคุมชุด B จะควบคุมพอร์ต B และพอร์ท C ล่าง
กลุ่มควบคุมโลจิกการเขียนและอ่าน

การทำงานของ 8255 จะใช้สัญญาณควบคุมจากตัวไมโครโปรเซสเซอร์มาควบคุมโดยจะมีการส่งคำสั่ง (Control) มาที่กลุ่มควบคุมชุด A,B แล้วกลุ่มที่ควบคุมชุดนี้ก็จะสั่งต่อไปที่พอร์ทเพื่อเป็นไปตามข้อกำหนดของคำสั่งนั้นๆ เช่นให้พอร์ท A เป็นอินพอร์ท Bเป็นเอ้าท์พุทเหล่านี้เป็นต้น ส่วนกรณีเมื่อการอ่านเขียนพอร์ทจาก CPU กลุ่มควบคุมโลจิกการเขียนอ่าน จะเป็นตัวส่งสัญญาณไปบอกแก่กลุ่มที่ควบคุมในแต่ละชุด อีกทีทั้งนี้แล้วแต่ว่า CPU จะมีการอ่านและการเขียนพอร์ทของกลุ่ม ควบคุมชุดใดต่อไปเรามาดูถึงความหมายขาต่างๆ ของไอซี 8255 เพื่อที่จะได้ใช้งานได้อย่างถูกต้องต่อไป

D0-D7 เป็นขาข้อมูลของ 8255 ที่ใช้ติดต่อกับตัวไมโครโปรเซสเซอร์ซึ่งข้อมูลที่จะเข้าออกสู่พอร์ทต่าง ๆ ของ 8255 จะต้องผ่านขาข้อมูลนี้

CS เป็นขาอินพุทที่รับสัญญาณลอจิก "0" จากภายนอกเพื่อแสดงให้รู้ว่าต้องการเลือใช้ไอซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เบอร์นี้หากได้รับโลจิก "1" ก็จะทำให้ไอซีตัวนี้ไม่ทำงานคือไม่รับ สัญญาณใดๆ ทั้งสิ้น

RD เป็นขาอินพุทที่รับสัญญาณจากตัวไมโครโปรเซสเซอร์ โดยหากมีโลจิกเป็น "0" จะเป็น การแสดงว่า CPU ต้องการที่จะอ่านข้อมูลจากตัว 8255

WR เป็นขาอินพุทที่รับสัญญาณจากตัวไมโครโปรเซสเซอร์ โดยหากมีโลจิกเป็น "0" ก็จะเป็นการแสดงว่า CPU ต้องการที่จะเขียนข้อมูลจากตัว 8255

A0-A1 เป็นอินพุทที่รับแอดเดรสจากตัวไมโครโปรเซสเซอร์ที่ถอดระหัสตำแหน่งของ 8255 เรียบร้อยแล้วโดยจะมีตำแหน่งใช้งาน 4 ตำแหน่งเพื่ออ่านเขียนรีจิสเตอร์ (พอร์ท) ของ 8255 ที่มีอยู่ด้วยกัน 4 ตัว

RESET เป็นขาอินพุทที่ได้รับสัญญาณจากภายนอกเข้ามาทำการรีเซทตัว 8255 โดยหากได้รับโลจิก "1" จะทำให้พอร์ททุกพอร์ทเป็น อินพุทพอร์ทหมดทั้งนี้เพื่อไม่ต้องการให้มีสัญญาณออกไปกวนต่อ ระบบภายนอกเพื่อ 8255 ได้รับสัญญาณรีเซท

PA_0 -PA_7 เป็นขาสัญญาณพอร์ท A ที่ใช้ติดต่อกับโลกภายนอก

PB_0 -PB_7 เป็นขาสัญญาณพอร์ท B ที่ใช้ติดต่อกับโลกภายนอก

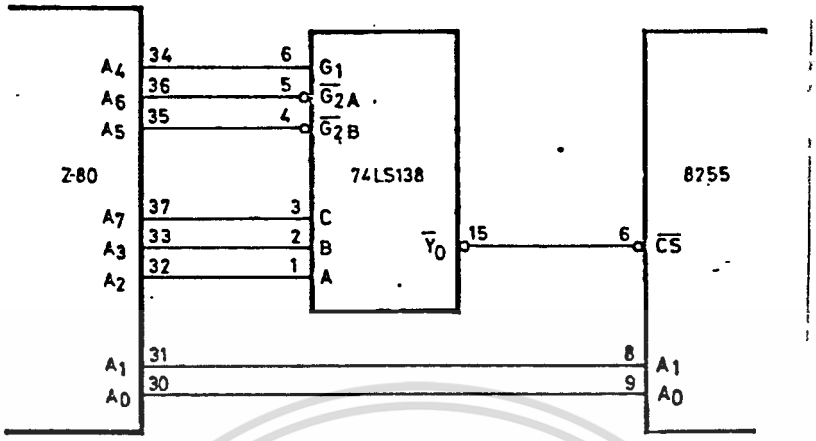
PC_0 -PC_7 เป็นขาสัญญาณพอร์ท C ที่ใช้ติดต่อกับโลกภายนอกซึ่งพอร์ทนี้จะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ PC_0 -PC_3 และPC_4 -PC_7 ซึ่งสามารถโปรแกรมแยกกันได้อีกต่างหาก

2.5.2 การต่อใช้งาน 8255

หากดูที่ขาของ 8255 ที่ รูปที่ 2.5.2 แล้วสังเกตเห็นได้ว่าเราสามารถต่อขา 8255 บางส่วนได้โดยตรงกับขาไมโครโปรเซสเซอร์เลข (Z-80) เช่นขา D0-D7,A0-A1 เป็นต้น หากแต่บางขา เราจำเป็นต้องมีการ ดัดแปลงสัญญาณที่ได้จาก CPU (ซึ่งกรณีเราใช้เบอร์ (Z-80) เสียก่อนโดยหากเราถอดรหัสแอดเดรสของ 8255 ให้เป็นพอร์ทที่แอดเดรส 10H, 11H, 12H, 13H เราจะสามารถทำ ดิโค็ดเดอร์ได้ง่ายดังรูปที่ท 2.5.3 สังเกตได้ว่า CS จะแอคตีฟทุกครั้งหาก Z-80 อ้างพอร์ทที่แอดเดรส 000100 XX โดย

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของ ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

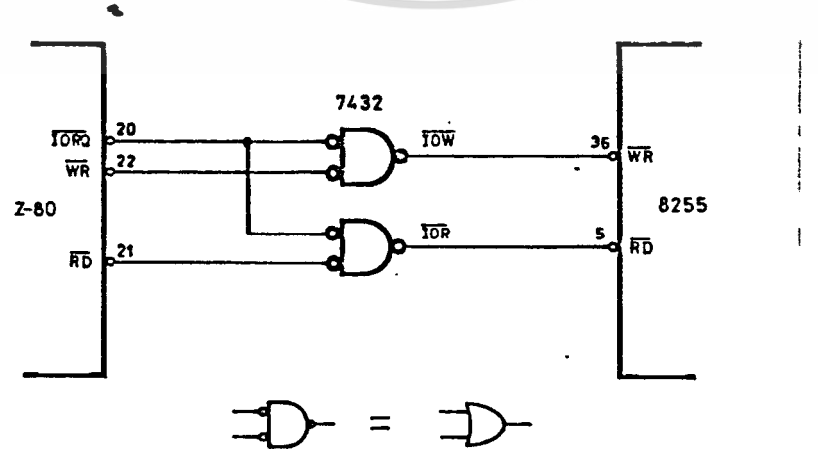
ค่าของ XX คือ A0,A1 ที่เราจะต่อเข้ากับ 8255 เพื่อทำการเลือกรีจิสเตอร์ควบคุม



รูปที่ 2.5.3 การกำหนดแอดเดรสให้กับ 8255

และพอร์ททั้งสามของ 8255 โดยหาก WR ได้รับแอดตีฟ "0" ก็จะเป็นการเขียนข้อมูลจาก CPU เข้าสู่ตัว 8255 หรือ ออกสู่พอร์ทที่ต้องการ และ เช่นเดียวกันหาก RD ได้รับโลจิก "0" ก็จะเป็นการอ่านข้อมูลพอร์ทจาก ตัว 8255 เข้าสู่ตัว CPU ซึ่งหากต่อ 8255 เข้ากับตัว Z-80 แล้ว เราจะเป็นต้องทำสัญญาณ การอ่าน เขียนพอร์ทของ Z-80 ให้ถูกต้องเสียก่อนโดยต่อดังรูปที่ 2.5.4

และสุดท้ายคือสัญญาณ RESET ซึ่งของ 8255 จะรับแอคตีฟที่โลจิก "1" ซึ่งตัว Z-80 จะให้สัญญาณ RESET แอดตีฟ "0" ฉะนั้นเราจะต้องนำมาผ่านอินเวอร์เตอร์ก่อนที่จะได้ลักษณะต่อร่วมกับ CPU ดังนี้



รูปที่ 2.5.4 วงจรการต่อสายสัญญาณควบคุมการเขียนและการอ่าน 8255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2.1 การโปรแกรม 8255

เราได้ทราบมาแล้วในรูปที่ 2.5.2 ว่าโครงสร้างภายในของ 8255 มีกลุ่มควบคุมอยู่ 3 กลุ่ม ซึ่งทั้งสามกลุ่มนี้จะทำงานร่วมกัน ดังที่กล่าวมา และเราสามารถจะควบคุมการทำงานของพอร์ท จาก CPU ได้โดยสั่งงานมาที่กลุ่มควบคุมดังกล่าว แต่ตัว CPU จะมองเห็น 8255 เป็นพอร์ทด้วยกัน โดยแต่ละพอร์ท เสมือนเป็น รีจิสเตอร์ที่ CPU สามารถจะทำการอ่าน/เขียนได้ แต่ละพอร์ท จะอยู่คนละแอดเดรสกัน ดังที่เราได้ทำการดิโค้ดให้8255 ที่แอดเดรส 10H, 11H, 12H, 13H (ตามสัญญาณ A0-A1) และ เราจะได้ตำแหน่งของพอร์ท 8255 แต่ละตัวดังนี้

10H ==========} พอร์ท A

11H ==========} พอร์ท B

12H ==========} พอร์ท C

13H ==========} พอร์ท Control

ซึ่งหากมีการอ่านและเขียนไปยังพอร์มดังกล่าวก็จะใช้ร่วมกับสัญญาณ RD, WR โดย WR หมายถึง เอ้าท์พุทข้อมูล และ RD แอดตีฟ หมายถึง อินพุทข้อมูล ดังนั้นเราจะโลจิกที่ขาของ 82-55 ในลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

AD	WR	AAI	AO	ความหมาย
1	0	0	0	เขียนพอร์ต A ซึ่งเป็นข้อมูล
0	1	0	0	อ่านพอร์ต A ซึ่งเป็นข้อมูล
1	0	0	1	เขียนพอร์ต B ซึ่งเป็นข้อมูล
0	1	0	1	อ่านพอร์ต B ซึ่งเป็นข้อมูล
1	0	1	0	เขียนพอร์ต C ซึ่งเป็นข้อมูล
0	1	1	0	อ่านพอร์ต C ซึ่งเป็นข้อมูล
1	0	1	1	เขียนข้อมูลซึ่งเป็นรหัสข้อมูล
0	1	1	1	อ่านเข้ามาซึ่งไม่มีความหมายใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
036950

รูปที่ 2.5.5 แสดงตารางของโลจิกเมื่อทำการติดต่อกับ 8225

การใช้งานเราจะต้องส่งรหัสควบคุม (Control code) เข้าไปยังพอร์ทควบคุมหรือเรียกอย่างหนึ่งว่า รีจีสเตอร์ควบคุม ซึ่งจะเป็นข้อมูลขนาด 1 ไบท์ ลงไปที่ แอดเดรส 13H กรณีนี้เราถอดรหัสไว้ที่ 13H โดยความหมายของแต่ละบิทที่เราส่งไปโปรแกรมทำงานเป็นดังนี้

บิต D7 เป็นบิตที่แสดงว่าในไบท์นี้เป็นรหัสควบคุมถ้าเป็น "1" โดยแต่ละบิดจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโหมดต่างๆของ 8255 หากเป็น"0"จะเป็นเซทบิทของพอร์ท C

บิต D6,D5 เป็นการเลือกโหมดของพอร์ท A ซึ่งจะมีอยู่ด้วยกัน 3 โหมด คือ 0,1,2

บิต D4 เป็นการกำหนให้พอร์ท C บนให้เป็นอินพุท โดยหากเป็น "1" ก็จะเป็นอินพุท หากเป็น "0" ก็แสดงว่าเป็นเอ้าท์พุท

บิต D3 เป็นการกำหนดให้พอร์ท C บนให้เป็นอินพุทหรือเอ้าท์พุทฝดดยหากเป็น "1" ก็จะเป็นอินพุท หากเป็น "0" ก็แสดงว่าให้เป็นเอ้าท์พุท

บิต D2 เป็นการกำหนดโหมดการทำงานของพอร์ท B โดยหากเป็น "0" หมายถึงเลือกให้พอร์ท B ทำงานในโหมด 0 หากเป็น "1"เป็นการเลือกพอร์ท B ทำงานในโหมด 1

บิต D1 เป็นการกำหนดให้พอร์ท B ให้เป็นอินพุทหรือเอ้าพุทโดยหากเป็น "1" ก็จะเป็นอินพุท หากเป็น "0" ก็แสดงว่าให้เป็นเอ้าท์พุท

บิต D0 เป็นการกำหนดให้พอร์ท C ล่างให้เป็นอินพุทหรือเอ้าพุทโดยหากเป็น "1"ก็จะเป็นอินพุทหากเป็น "0" ก็แสดงว่าให้เป็นเอ้าท์พุท

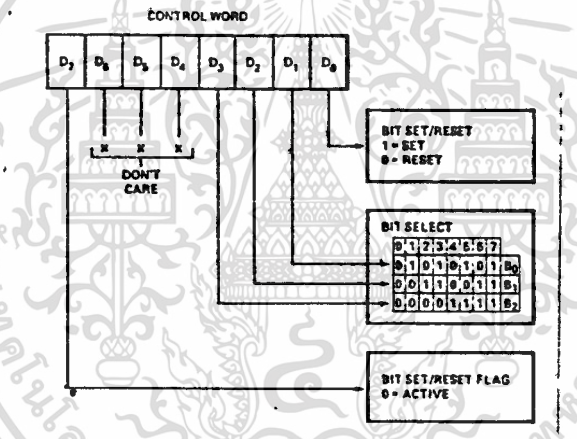
การโปรแกรมจะเริ่มจากการส่งค่ารหัสควบคุม 1 ไบท์ ดังที่กล่าวนี้ไปสู่พอร์ทควบคุมหลังจากนั้น หากต้องการเรียกไปถึงพอร์ทใด ก็สามารถอ้างได้ตามแอดเดรสทันที เช่น ต้องการโปรแกรมให้พอร์ท A, B, C ทั้งหมดให้เป็น เอ้าท์พุทพอร์ท เราก็จะได้รหัสควบคุมเป็น 1000 0000 หรือ 80H เราก็จะสั่งเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LD A, 080H        ; กำหนดรหัสควบคุม
OUT (013H),A      ; เป็นการส่งรหัสควบคุมสู่รีจิสเตอร์ควบคุม 8255

OUT (012H),A      ; ส่งออกไปพอร์ท C
```

2.5.2.2 กรณีพิเศษของรหัสควบคุม

ปกติรหัสที่เราจะต้องส่งไปถึงพอร์ทควบคุมหรือรีเจสเตอร์ควบคุมจะต้องเป็นการเซทโหมดพอร์ทอินพุท เอ้าส์พุท และให้รหัสนั้นบิต 7 จะต้องเป็น"1"เสมอที่นี้หากบิต 7 นั้นเป็น"0"บ้างจะเกิดอะไรขึ้น ถ้าหากบิต 7 เป็น"0"จะถูกส่งไปที่แอดเดรสของพอร์ทควบคุมแล้ว 8255 จะถือว่าเป็นคำสั่งของการเซท/รีเซทโดยจะมีฟอร์แมทดังรูปที่2.5.6 นี้



รูปที่ 2.5.6 แสดงถึงรหัสควบคุมที่ใช้ในการเซท/รีเซท บิต

ตัวอย่างเช่น

```
LD A 80H          ;ระหัสควบคุมให้ทั้งสามพอร์ทเป็น out put
OUT (13H)A        ;ส่งสู่รีจีสเตอร์ควบคุม
LD A,00001001B    ;ระหัสควบคุมใช้เซทบิตที่ 4 ของพอร์ท C เป็น "1"
OUT (013H),A      ;บิต 4 พอร์ท C เป็น "1"
DEC A             ;เปลี่ยนเป็นรีเซท
OUT (013H),A      ;กำหนดให้บิต 4 พอร์ท C เป็น "0"
```

จะเห็นว่าสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ เช่น เป็นตัวสร้างพัลซ์, และกำหนด ใช้งานเปิด-ปิด อุปกรณ์ด้วย พอร์ท C ที่มีคำสั่งไม่ยุ่งยาก และ เป็นอิสระเป็นต้น

2.5.2.3 การทำงานในโหมด 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จัดว่าเป็นโหมดพื้นฐาน ที่นิยมกันมากที่สุดเนื่องด้วยความง่ายตรงไปตรงมา คือทั้งสามพอร์ทเราสามารถจะใช้พอร์ทใดเป็น อินพุท,เอ้าท์พุทได้ โดยเฉพาะพอร์ท C ยังแยกให้เป็น 2 ชุดๆ ละ4บิต ซึ่งในแต่ละชุดนี้ก็สามารถจะโปรแกรมให้ชุดใดชุดหนึ่งเป็นอินพุทหรือ เอ้าท์พุทได้อีก ฉะนั้นโดย สรุปแล้ว ก็จะมีพอร์ทที่จะโปรแกรมให้เป็นอินพุทหรือเอ้าท์พุทได้เสมือน 4 พอร์ท คือ พอร์ท A, พอร์ท B, พอร์ท C ล่าง (แต่โปรแกรมแยกเฉพาะบิตในแต่ละพอร์ทไม่ได้) ซึ่งหากเราดูที่ รหัสคำสั่งแล้วจะเห็นว่ามีอยู่ 4 บิต ที่ถูกกำหนดว่าจะให้พอร์ทใดเป็น อินพุท/เอ้าท์พุท นั้นเอง ซึ่งหากเราให้พอร์ทใดเป็น อินพุทเราก็ใส่โลจิก "1" ที่บิตนั้น หรือหากต้องการให้พอร์ทใดเป็น เอ้าท์พุทก็ให้ใส่ "0" ที่บิตนั้นจะเห็นได้ว่า จะมีความเป็นไปได้ในการกำหนดลักษณะของพอร์ทในโหมดนี้อยู่ 16 อย่าง ด้วยกัน

BIT	7	6	5	4	3	2	1	0
	1	0	0	x	x	0	x	x

รูปที่ 2.6.7 แสดงรหัสคำสั่งของ โหมด 0

2.5.2.4 การทำงานในโหมด 1

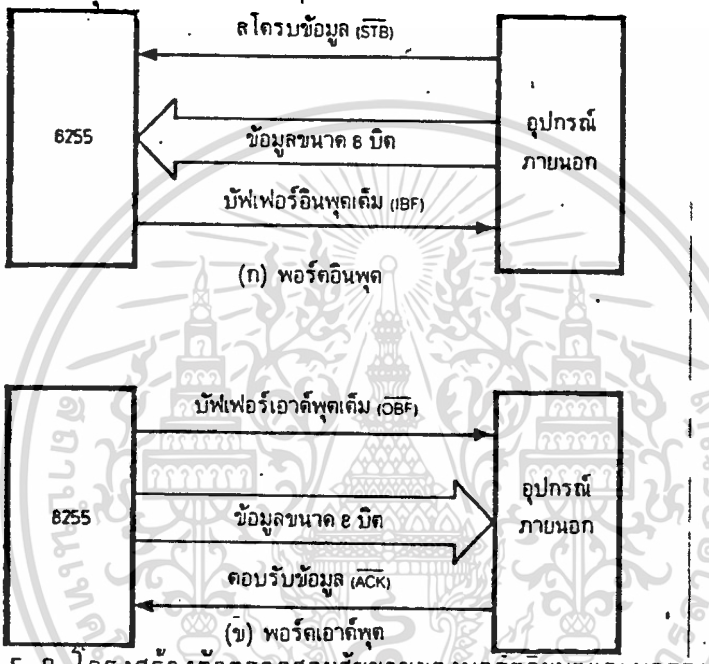
เป็นความสามารถพิเศษที่บริษัทผู้ผลิตเพิ่มขึ้นมาให้แก่ผู้ใช้คือ นอกจาก 8255 จะถูกใช้เป็นพอร์ทแบบขนาน ที่สามารถโปรแกรมให้เป็น อินพุท-เอ้าท์พุท ที่ได้แล้วยังสามารถให้ทำงานในเรื่องของการสื่อสารอัตโนมัติได้อีกด้วย นั่นคือในโหมด เป็นจะใช้ในการรับ-ส่งข้อมูล แบบมีการตรวจสอบสัญญาณก่อน (Handshakig) โดยใช้อินพุท เอ้าท์พุทของพอร์ท A และ พอร์ท B เป็นหลักส่วน พอร์ท C บนจะใช้เป็น ตัวตรวจสอบสัญญาณ (Handshaking) ของพอร์ท A, พอร์ท C ล่าง ใช้เป็นตัวตรวจสอบสัญญาณสำหรับพอรท B ฉะนั้น การรับ-การส่งข้อมูล นอกจากมีข้อมูลแล้ว ก็จะมีสัญญาณควบคุมเพิ่มด้วยดังแสดงในรูปที่ 2.5.8

วิธีการทำ Handshake นี้จะมีประโยชน์มากเพราะปกติอุปกรณ์ภายนอกมักจะทำงานได้ช้ากว่า ตัวไมโครโปรเซสเซอร์อยู่แล้ว ด้วยวิธีนี้จะทำให้ตัวไมโครโปรเซสเซอร์สามารถที่จะติด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อกับ อุปกรณ์ภายนอกด้วย 8255 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในรูปที่ 2.5.8 นั้นจะแสดงให้เราเห็นถึงบล็อกของการติดต่อระหว่างอุปกรณ์ภายนอกกับ 8255 ซึ่งได้กำหนดให้พอร์ท A เป็นเอ้าท์พุทพอร์ท และ พอร์ท B เป็นอินพุท (เราอาจกำหนดให้อยู่ในลักษณะอื่นก็ได้) และเช่นเดียวกับโหมด 0 ที่เราได้กล่าวมาแล้ว คือก่อนที่เราจะใช้งาน 8255 อันดับแรกเลยเราต้องการทำโปรแกรมมันก่อนโดยการส่ง
คำสั่งควบคุมขนาด 1 ไบท์ ที่รีจิสเตอร์ควบคุมของ 8255 ก่อนซึ่งเรากำหนดให้พอร์ทเป็นดังรูปที่ 25 เราจะได้คำสั่งควบคุมเป็น ในบิทอื่น ๆ นอกจากบิทที่ 3,0 นั้นเราสามารถเข้าใจได้เพราะ



รูปที่ 2.5.8 โครงสร้างตัวตรวจสอบสัญญาณของพอร์ตอินพุตและพอร์ตเอาท์พุต

เคยกล่าวมาแล้ว ส่วนบิทที่ใส่เครื่องหมาย X นั้น เราต้องมาพิจารณาเพื่อใส่ค่าต่อไป คือลักษณะการทำงานโหมด 1 นี้ เราจะมีตารางที่แสดงถึงการใช้พอร์ท C เพื่อเป็นสัญญาณควบคุมทั้งพอร์ท A และ B ในกรณีอินพุท และเอ้าท์พุทดังนี้ฉะนั้นจากตารางเราจะเห็นได้ว่าในบิทที่ 3 นั้นขึ้นอยู่ว่าผู้ใช้ต้องการที่จะกำหนดให้ PC6, PC7 เป็นอินพุทหรือเอ้าท์พุท (โดยใส่ 1 เมื่อต้องการที่จะเป็นอินพุทและใส่ 0 เมื่อต้องการให้เป็นเอ้าท์พุท) ส่วนในบิทที่ 0 นั้นไม่สนใจเพราะเราไม่สามารถกำหนดอะไรได้ (PC0-PC2) ถูกนำไปเป็นสัญญาณควบคุมแก่พอร์ท B แล้ว และ PC3 ถูกนำไปเป็นสัญญาณควบคุมแก่พอร์ท A แล้วเช่นกัน)

1. ลำดับสัญญาณในกรณีเอ้าท์พุทพอร์ทโหมด 1

การเอ้าท์พุทข้อมูลหมายถึงการส่งข้อมูลจากตัว CPU ออกมาสู่ตัว 8255 ที่พอร์ทนั้นๆ เพื่อรอสัญญาณ การรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอก รับข้อมูลนี้ไป สัญญาณที่ใช้ในกรณีเอ้าท์พุท ข้อมูลที่ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8255 มีดังนี้

- OBF (OUTPUT BUFFER FULL) เป็นเอ้าท์พุทจะแอดตีฟที่โลจิก 0 เป็นตัวบอกว่าขณะนี้ที่ตัว 8255 มีข้อมูลจา CPU อยู่ยังไม่ถูกอ่านจากอุปกรณ์ภายนอก

- ACK ACKNOWLEDGE เป็นอินพุทแอดตีฟที่โลจิก 0 เป็นสัญญาณจากอุปกรณ์ภายนอกที่ส่งมาเพื่อรับเอาข้อมูลจาก 8255

- INTR (INTERRUPT REQUES) เป็นสัญญาณเอ้าท์พุทจากตัว 8255 แอดตีฟที่โลจิก 0 ปกติเราจะใช้ไปทริกให้กับ CPU ทราบว่าข้อมูลได้อ่านจาก 8255 ไปแล้วซึ่งเราสามารถ เซท/รีเซท ว่าต้องการให้เกิดสัญญาณที่ขา INTR นี้หรือไม่ก็ได้โดยซอฟต์แวร์ อธิบายได้ดังนี้

เมื่อ CPU ส่งสัญญาณการเขียนข้อมูลเข้ามาเก็บไปที่ตัว 8255 (WR)จะเป็นผลทำให้ OBF แสดงสภาวะว่า มีข้อมูลเข้ามาแลทช์ ไว้ที่พอร์ท A (อาจเป็นพอร์ทอื่นตามที่เราโปรแกรมไว้) โดยจะให้โลจิกออกเป็น 0 และสัญญาณ INTR ก็จะเป็น 0 ด้วย (หากเราทำการเซทไว้ก่อน) ทีนี้สัญญาณก็จะอยู่อย่างนี้ต่อไปเรื่อยๆ หากไม่มีสัญญาณการอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์ภภายนอกมา อ่านสัญญาณนั้น คือ ACK เมื่ออุปกรณ์ภายนอกต้องการ อ่านเอาข้อมูลจากตัว 8255 ก็จะทำการตรวจดูสัญญาณที่ขา OBF ของ 8255 ก่อนว่าเป็น 0 หรือไม่เพราะหากได้ 0 เป็นการแสดงว่าข้อมูลมีอยู่ในพอร์ท พร้อมที่จะทำการอ่านได้ จึงส่งสัญญาณแอดตีฟโลจิกศูนย์มาที่ขา ACK ดังแสดงในรูปที่ 26 เป็นการอ่านเอาข้อมูลจาก 8255 ออกไปนั้นเองจากนั้นสัญญาณ OBF, INTR ก็จะกลับคืนเป็น โลจิก 1 ดังเดิมซึ่งจะทำให้ CPU ทราบได้ว่า มีการอ่านเอาข้อมูลที่พอร์ทไปเรียบร้อยแล้ว CPU สามารถที่จะทำการส่งข้อมูลเข้ามาใหม่ได้

2.ลำดับสัญญาณในการอินพุท โหมด 1

การอินพุทพอร์ทหมายถึงการที่อุปกรณ์ภายนอกส่งข้อมูลเข้ามาเก็บไว้ที่ตัว 8255 แต่ต้องตรวจดูก่อนเช่นกันว่า 8255 ว่างหรือไม่เพื่อให้ตัว CPU มาอ่านเอาข้อมูลนั้นไปสู่ตัว CPU ต่อไป รูปลำดับสัญญาณและความหมายที่ต้องใช้ในกรณีอินพุทมีดังนี้

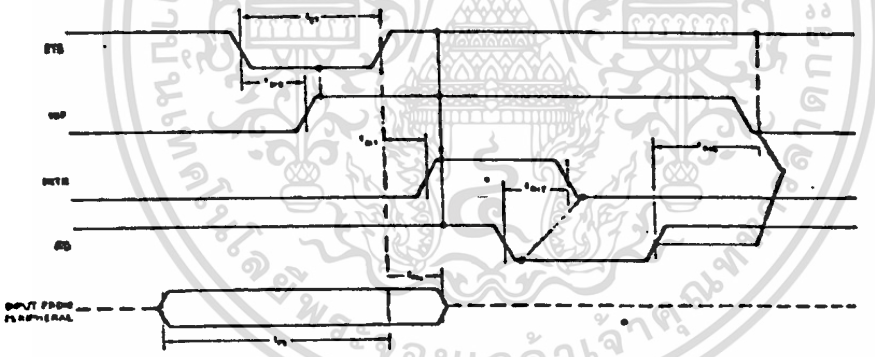
-IBF (INPUT BUFFER FULL) เป็นสัญญาณเอ้าท์พุทที่แอดตีฟโลจิก 1 จะเป็นตัวแสดงว่าขณะนี้ข้อมูลในตัว 8255 เต็มอยู่หรือไม่หมายความว่าข้อมูลถูกอ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วย CPU ไป หรือยังหากยังที่ขาสัญญาณนี้ก็จะแสดงโลจิกเป็น 1 อยู่แต่หากมีการอ่านเอาข้อมูลไปแล้วก็จะแสดงโลจิกเป็น 0 เพื่อให้อุปกรณ์ภายนอกสามารถส่งข้อมูลตัวต่อไปได้ทันที

-STB (STROBE INPUT) เป็นสัญญาณอินพุทที่แอดดิฟโลจิก "0" จะเป็นขาที่รับสัญญาณมาจากอุปกรณ์ภายนอกเพื่อแลทช์ข้อมูล ที่ส่งมาจากภายนอกเข้าสู่ตัว 8255

-INTR (INTERRUPT REQUEST) เป็นสัญญาณเอ้าท์พุทแอดดิฟที่โลจิก 1 มักใช้เป็สัญญาณทริกอินเตอร์รัฟท์ให้กับ CPU เพื่อบอกให้ทรว่าอุปกรณ์ภายนอกส่งข้อมูลมาแล้ว



รูปที่2.5.9 แสดงลำดับสัญญาณที่เกิดขึ้นในกรณีที่ การทำงานโหมด 1 อินพุท

อธิบายได้ดังนี้

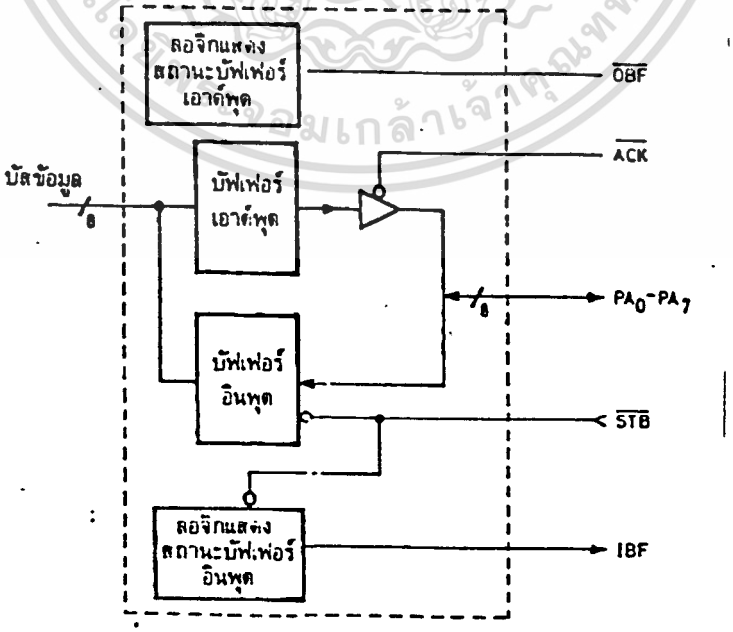
เมื่ออุปกรณีภายนอกต้องการส่งข้อมูลเข้าสู่ตัว 8255 ก็ต้องตรวจก่อนว่าที่พอร์ทนั้นมีข้อมูลตกค้างอยู่ หรือว่างหรือไม่ โดยการตรวจที่ขาสัญญาณ IBF ว่าเป็นโลจิก 0 หรือไม่เพราะหากเป็นโลจิก 0 จะหมายถึงว่าง แต่หากเป็นโลจิก 1 จะหมายถึงว่าข้อมูลยังคงมีอยู่ เมื่อตรวจดู และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทราบว่าเป็น 0 ก็สามารถส่งข้อมูลไปได้โดยส่งสัญญาณพัลซ์โลจิก 0 ไปที่ขา STB เพื่อบอกให้ 8255 ได้ทำการแลทช์ข้อมูลที่ส่งให้นั้นและเพื่อแลทช์ข้อมูลไว้แล้วก็เป็นผลทำให้ IBF มีโลจิกไปเป็น 1 เพื่อแสดงถึงว่าได้แลทช์ข้อมูลเข้าสู่พอร์ทแล้ว พร้อมกันนั้นก็จะให้สัญญาณ INTR เป็นโลจิก 1 เพื่อแสดงให้ตัว CPU ทราบว่าได้แลทช์ข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกได้แล้ว หากเราต่อเป็นสัญญาณอินเตอร์รัฟท์สู่ตัว CPU และสัญญาณก็จะค้างลักษณะนี้ต่อไปจนกว่าจะมีสัญญาณการอ่านข้อมูลจาก CPU มาอ่านเอาข้อมูลจากพอร์ท 8255 ไปคือสัญญาณ RD และเมื่อ CPU ส่งสัญญาณ RD มาอ่านแล้วก็จะเป็นผลให้สัญญาณ IBF กลับเป็นโลจิก 1 และ INTR กลับเป็นโลจิก 0 ดังเดิม ซึ่งหากอุปกรณ์ภายนอกตรวจดูที่สัญญาณ IBF ก็จะทราบว่ามันสามารถส่งข้อมูลตัวต่อไปมาที่ 8255 ได้แล้วขอให้สังเกตุสัญญาณในรูปที่ 2.5.9 ประกอบด้วย

2.5.2.5 การทำงานในโหมด 2

การทำงานในโหมดที่ 2 นี้จะสามารถได้เฉพาะพอร์ท A เท่านั้นเนื่องจากว่าการทำงานในโหมดนี้คือการที่กำหนดให้พอร์ท A เป็นได้ทั้งอินพุทและเอ้าท์พุทได้ในพอร์ทเดียว ซึ่งทำให้ต้องให้สัญญาณควบคุมมากขึ้นเป็น 5 เส้นซึ่งก็จะใช้พอร์ท C เป็นขาสัญญาณควบคุมนี้ทำให้ไม่เพียงพอแก่พอร์ท B ที่จะให้เป็นโหมด 2 ฉะนั้นพอร์ท B จึงสามารถทำงานได้เฉพาะโหมด 0,1 เท่านั้น การทำงานในโหมดนี้ คือการใช้พอร์ท A เป็นทั้งอินพุทแลทช์ข้อมูล และเอ้าท์พุทแลทช์ข้อมูลโดย



รูป 2.5.10 แสดงถึงบล็อกไดอะแกรมการทำงานในโหมด 2 ของพอร์ท A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ

เอ้าท์พุทแลทช์ก็จะหมายถึงการที่พอร์ท A รับข้อมูลจาก CPU มาทำการแลทช์ไว้เพื่อรอการอ่านข้อมูลนี้ไปด้วยอุปกรณ์ภายนอก ส่วนกรณีของอินพุทแลทช์ก็หมายถึงการเก็บข้อมูลที่อุปกรณ์ภายนอกส่งมาแลทช์ไว้เพื่อรอให้ CPU ทำการอ่านข้อมูลนี้ไปนั้นเอง

การทำงาน โดยทั่วไปก็เหมือนกันกับการทำงานในโหมด 1 ที่ได้กล่าวมาแล้วแต่เป็นการรวมเอาพอร์ทการรับส่งไว้เป็นช่องเดียวนั่น คือเมื่อกระทำการเอ้าท์พุทก็จะมีสัญญาณOBF, ACK, INTR ใช้ติดต่อควบคุมและเพื่อกระทำการอินพุทก็จะมีสัญญาณ IBF, STB, INTR ใช้ในการติดต่อควบคุมการทำงาน โดยจะขอกล่าวเป็นลำดับดังนี้

การส่งข้อมูลจาก CPU ไปสู่ 8255 เพื่อออกสู่ภายนอกนั้นขั้นแรกก็ต้องตรวจดูก่อนว่าพอร์ท A ว่าว่างหรือไม่โดยการอ่านค่าบิท PC7 (OBF) มาดูว่าเป็น 1 (ว่าง) ก็สามารถส่งข้อมูลออกไปแลทช์ไว้ที่ 8255 ได้และเมื่ออุปกรณ์ภายนอกต้องการรับข้อมูลไปก็จะตรวจที่ PC7 (OBF)นี้ว่าได้โลจิกเป็น 0 หรือไม่ หากเป็น 0 หมายถึงมีข้อมูลอยู่ ก็จะทำการอ่านเอาไปโดยการส่งสัญญาณ ACK มาที่บิท PC6 (ACK) เพื่ออ่านเอาข้อมูลไปเป็นผลทำให้สถานะของ PC7 (OBF) กลับคืนเป็น 1 อีกครั้งเพื่อแสดงตัวว่า 8255 ว่างที่จะรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกที่พอร์ท A นั้นอุปกรณ์ภายนอกจะทำการตรวจดูก่อนว่าพอร์ทหรือไม่ โดยการตรวจที่บิท PC5 (IBF) ว่าเป็นโลจิก 0

พอร์ต C	ความหมาย
PC0	I/O
PC1	I/O
PC2	I/O
PC3	$\overline{INTR}$
PC4	$\overline{STB}$
PC5	IBF
PC6	$\overline{ACK}$
PC7	$\overline{OBF}$

รูปที่ 2.5.11 แสดงถึงพอร์ท C ที่ถูกใช้เป็นสัญญาณควบคุมในโหมด 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

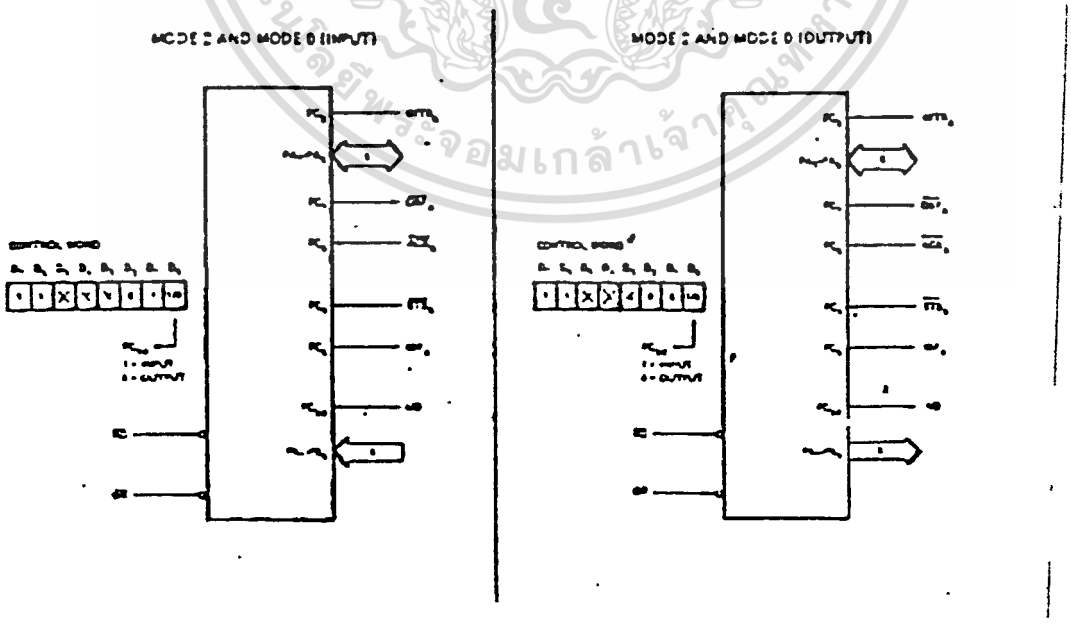
หรือไม่ หากเป็น "0" แสดงว่าก็จะส่งสัญญาณ STB มาที่ขา PC4 เป็นการบอกให้ 8255 ได้ทำการแลทช์ข้อมูลของอุปกรณ์ภายนอกทราบว่าข้อมูลถูกแลทช์สู่พอร์ท A เรียบร้อยแล้ว อย่าเพิ่งส่งข้อมูลมาอีกถึงตอนนี้เมื่อ CPU ตรวจดูที่ PC4 (IBF) ดูโดยการอ่าน พอร์ท C ก็จะทราบว่ามี ข้อมูลส่งมาแล้ว จึงทำการอ่านข้อมูลไปได้ ส่ง RD มาอ่าน เป็นผลทำให้ PC4 (IBF) กลับโลจิกเป็น 0 อีกครั้งเพื่อให้อุปกรณ์ภายนอกส่งข้อมูล ตัวต่อไปมาที่ 8255 อีกขาควบคุมของพอร์ท C ที่ใช้ในการทำสัญญาณ ควบคุมต่างๆนั้น แสดงดังรูปที่ 2.5.9 สังเกตุเห็นได้ว่า PC0 PC2 นั้นเราสามารถกำหนดให้เป็น อินพุท หรือ เอ้าท์พุทได้อีกต่างหาก ในกรณีที่พอร์ท B ถูกโปรแกรมในโหมด 0 (เพราะไม่ต้องมีสัญญาณควบคุม) แต่หากพอร์ท B ถูกโปรแกรมในโหมด 0 (เพราะไม่ต้องมีสัญญาณควบคุม) แต่หากพอร์ท B ถูกโปรแกรมในโหมด 1 จะทำให้ต้องใช้ PC0-PC2 นี้เป็นสัญญาณควบคุมของพอร์ท B

ส่วนสัญญาณ INTR นั้นเราก็สามารถกำหนดให้มีการอินเตอร์รัฟหรือไม่ก็ได้ โดยการเซท/รีเซท บิท ดังนี้

กรณี อินพุทสามารถที่จะทำการ เซท/รีเซทได้ที่บิท PC4(STB)

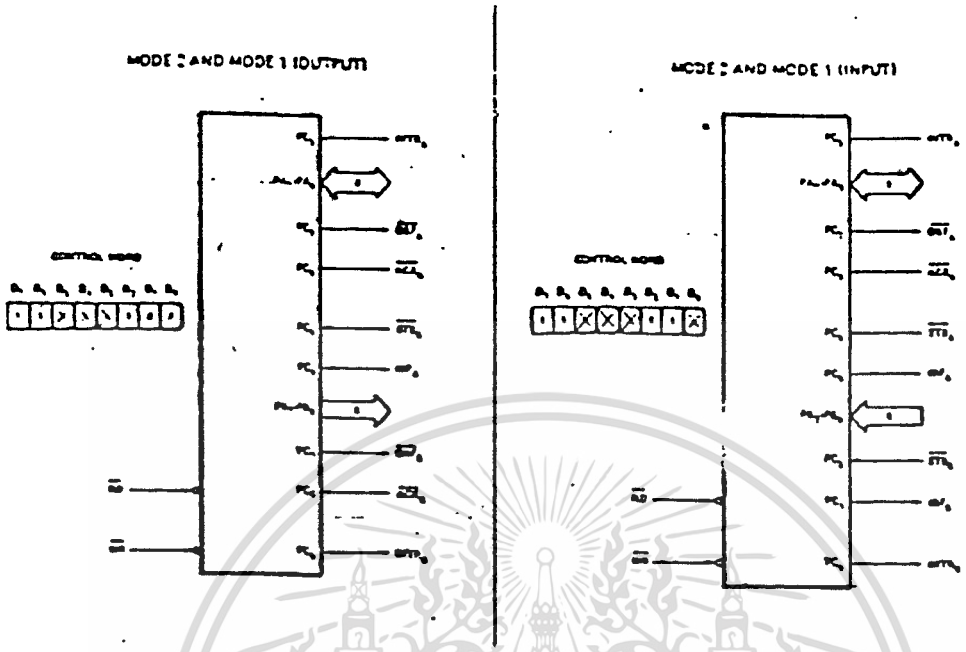
กรณี เอ้าท์พุทสามารถที่จะทำการ เซท/รีเซทได้ที่บิท PC6 (ACK)

เราจะสามารถโปรแกรมให้พอร์ท A ในโหมด 2 ทำงานร่วมกับพอร์ท B ซึ่งเป็นโหมด 0 ,1 ก็ได้ดังนี้



รูปที่ 2.5.12 ก. แสดงการโปรแกรมโหมด 2 ร่วมกับโหมด 0,1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

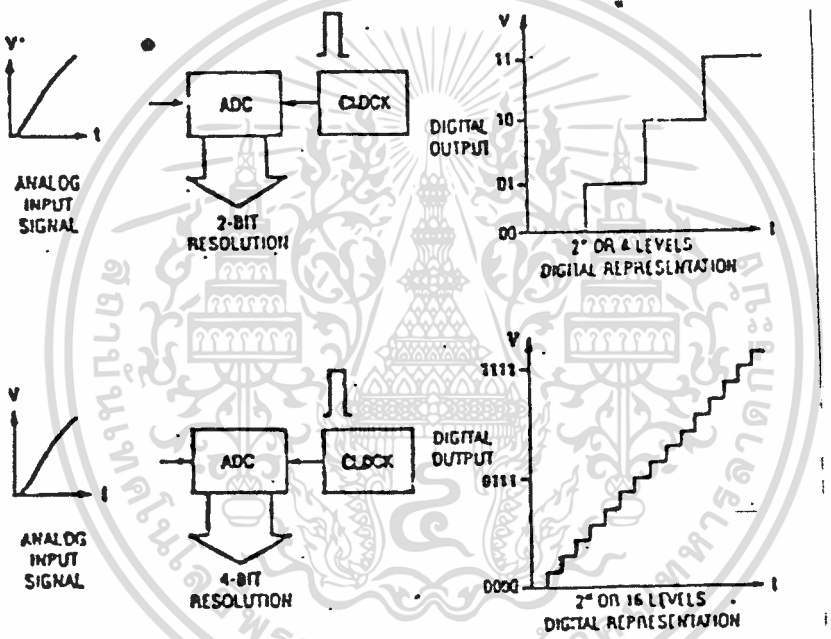


รูปที่ 2.5.12 ข. แสดงการโปรแกรมโหมด 2 ร่วมกับโหมด 0, 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 A/D คอนเวอร์เตอร์ (Analog to Digital Convertor)

A/D คอนเวอร์เตอร์ หรือ ADC ใช้สำหรับการแปลงสัญญาณอินพุทที่เป็นอะนาล็อก ให้เป็นจำนวนจำกัดของ ดิจิตอลบิทผลลัพท์ที่ได้จะอยู่ในรูปของ "WORD" ทางดิจิตอลซึ่งจะกลายเป็นรหัสเลขฐานสองที่แทนระดับ แต่ละระดับของสัญญาณอะนาล็อกในขณะที่ DAC กำลังทำงานแปลงสัญญาณอยู่ ความละเอียดของ ADC จะคล้ายกับความละเอียดของ DAC อย่างมาก กล่าวคือ จำนวนบิท ทางเอ้าท์พุทมีหลายๆ บิท ความละเอียดของ ADC ตัวนั้นก็จะมีมากขึ้นเช่น ADC ขนาด 12 บิท จะมีความละเอียดเท่ากับ 12 เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 2.6.1



รูปที่ 2.6.1 ความละเอียดของ ADC จะแปรผันตรงกับจำนวนบิททางด้านเอ้าท์พุท

ค่าเวลาในการแปรผัน (CONVERSION TIME) เป็นเกณฑ์ที่สำคัญอีกตัวหนึ่งของ ADC ตามที่คุณได้เห็นมาว่า การแปลงสัญญาณอะนาล็อกให้กลายเป็นสัญญาณทางดิจิตอลไม่ได้เกิดขึ้นโดยทันทีทันใด แต่ต้องมีการผ่านขบวนการต่างๆ ด้วยเหตุที่ผลลัพท์ต้องเวลาค่าเวลาขณะหนึ่งที่จะทำการสุ่ม (SAMPLE) สัญญาอินพุทและสัญญาดิจิตอลที่เป็นรหัสไบนารี่ออกมาที่เอ้าท์พุท ดังนั้น ค่าเวลาการแปรผัน คือช่วงเวลาที่ต้องการกระทำขบวนการให้เสร็จสิ้น ซึ่งมีค่าอยู่ประมาณ uS หรือ DAC ความเร็วสูงและเป็น mS สำหรับ DAC แบบธรรมดาเนื่องจากการเปลี่ยน A/D นั้นต้องการกระบวนการ ชิงโครไนส์ ที่แน่นอน และแม่นยำ แหล่งกำเนิดสัญญาณนาฬิกาจึงจำเป็นต้องมีในวงจร

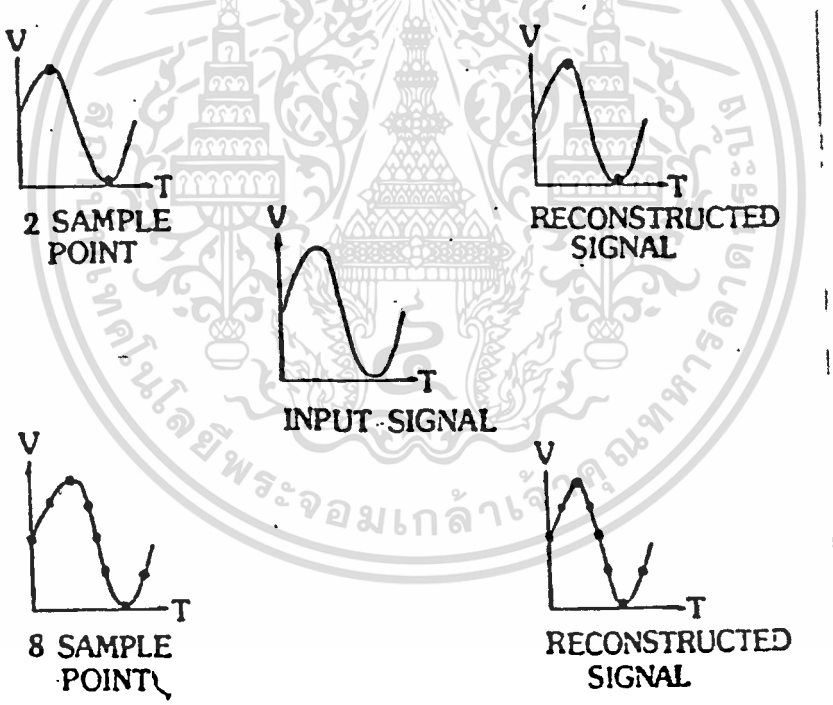
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1 ทฤษฎีการสุ่มตัวอย่าง (Sampling theory)

เนื่องจาก ADC ต้องการค่าเวลาขณะหนึ่ง ใช้ในขบวนการ เปลี่ยนแปลงสัญญาณอะนาล็อก เป็นสัญญาณดิจิตอล ช่วงเวลาช่วงหนึ่งจะใช้สำหรับการสุ่มตัวอย่าง ของสัญญาณตัวอย่างเช่น ADC สามารถเปลี่ยนสัญญาณเสร็จสมบูรณ์ได้ผ่านในเวลา 1 ms ดังนั้นมันจึงเปลี่ยนสัญญาณได้ 1000 ครั้งใน 1 วินาที (ในทางทฤษฎี) อัตราการเปลี่ยนแปลงสัญญาณสูงสุดมีค่าเท่ากับส่วนกับของเวลาการเปลี่ยน (COMVERSION RATS =1/CONVERSION TIME)

ตัวคอนเวอท์ทเตอร์ จะสุ่มตัวอย่างของสัญญาณด้วยอัตราต่ำสุดเป็น 2 เท่าของความถี่สูงสุดของสัญญาณอินพุทที่เข้ามา อัตราการสุ่มนี้เรียกว่า "Nyquist rate" พิจารณาสัญญาณอะนาล็อก ที่เป็นรูปคลื่นซายน์ 10 Hz จ่ายในกับตัว ADC ตามรูปที่ 2.6.2

อัตราต่ำสุดของการสุ่มตัวอย่างเป็น 2f หรือ 20 Hz ซึ่งจะให้ข้อมูลดิจิตอลขนาด 2 บิท ออกมาในแต่ละไซเคิ้ล เมื่อข้อมูลดิจิตอลถูกนำมาสร้างเป็นสัญญาณอะนาล็อกขึ้นมาใหม่โดย DAC สัญญาณอะนาล็อกตัวใหม่มีลักษณะคล้ายกับสัญญาณดังเดิม (ตัวฟิลเตอร์บนตัว DAC จะทำให้รูป



รูปที่ 2.6.2 การสุ่มหลายๆ ช่วงจากสัญญาณอินพุทอะนาล็อก จะมีลักษณะใกล้เคียงกับสัญญาณดั้งเดิม เมื่อมีการสร้างสัญญาณขึ้นมาใหม่ DAC

ร่างของสัญญาณเอ้าท์พุทเรียบขึ้น)ค่าความถี่10 Hzเป็นความถี่สูงสุดที่เข้ามายังตัว DAC ค่าเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนสัญญาณสูงสุดเป็น 1/20 Hz หรือ 500 ms เป็นต้น การที่เราจะปรับปรุงประสิทธิภาพของ ADC ในแง่ความเหมือนจริงของสัญญาณการแปลงให้อยู่ในรูปของ ดิจิตอล เรา

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะต้องเพิ่มอัตราการสุ่มขึ้น ในค่าเวลาเท่าเดิน อัตราการสุ่ม จุดต่อไซเคิ้ล ต้องการอัตราสุ่มของส่วนประกอบความถี่สูงสุดของอินพุทครั้งเช่น ความถี่อินพุท 10 Hz หรือ 12.5 ms ถ้าตัว ADC ไม่สามารถสุ่มตัวอย่างได้เร็วพอต่อสัญญาณอินพุทที่เปลี่ยนแปลงข่าวสาร ที่บรรจุใน สัญยาณอะนาล็อก ทางอินพุท จะสูญหายไปค่า ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ทางอินพุท ค่าเวลาในการเปลี่ยนสัญยาณและอัตราการสุ่ม เป็น พารามิเตอร์ของ ADC ที่สำคัญตัวหนึ่งวิธีการหลาย ๆ วิธีได้ถูกพัฒนาหลาย ๆ ปีที่ผ่านมา เพื่อที่จะ ทำการเปลี่ยนสัญยาณอะนาล็อก ให้อยู่ในรูปของ สัญญาณดิจิตอล หลาย ๆ วิธีที่ยังใช้อยู่ทุกวันนี้มี 6 วิธีด้วยกันคือ

2.6.1 Flash techniques เทคนิคแบบแฟลช์

2.6.2 Single slope techniques เทคนิคแบบสโลปเดียว

2.6.3 Double slope techniques เทคนิคแบบสโลปคู่

2.6.4 Single counter techniques เทคนิคแบบเคาเตอร์เดียว

2.6.5 Tracking counter techniques เทคนิคแบบเทร็ดกิ้งเค้าเตอร์

2.6.6 Ssccessive sporoximation techniques เทคนิคการประเมินค่าหลายครั้ง

2.6.2 A/D แบบแฟลช์ (Flash Converstor)

แฟลช์คอนเวอร์ทเตอร์ เป็น ADC ที่เร็วที่สุดในบรรดา ADC ที่ใช้เทคนิคแบบอื่นๆ ลักษณะของแฟลช์คอนเวอท์ทเตอร์ จะใช้ชุดของตัวเปรียบเทียบ (comparator) ที่ก่อนในลักษณะขนานกันเพื่อทำการแปลง สัญญาณอะนาล็อกทางอินพุทให้เป็นรหัสดิจิตอลดังนั้น แฟลชคอนเวอร์ทเตอร์เป็นแบบขนาน พิจารณาในรูปที่ 2.6.3

จากรูปที่ 2.6.3 ตัวต้านทานที่ต่ออนุกรมกัน จะอยู่ในรูปวงจรแบ่งแรงดันที่ตกคร่อมตัวเปรียบเทียบแต่ละตัว แรงดันอินพุทสูงสุดจะขึ้นอยู่กับค่า VCC สัญญาณเอ้าท์พุทจากตัวเปรียบเทียบแต่ละตัวจะเป็น 1 หรือ 0 ซึ่งเป็นระดับสัญยาณโลจิกของวงจรดิจิตอล เมื่อไม่มีแรงดันอินพุทเพิ่มขึ้น เอ้าท์พุทของตัวเปรียบเทียบแต่ละตัวจะเป็นโลจิก "0" ต่อมา แรงดันอินพุทเพิ่มขึ้น เอ้าท์พุทของตัวเปรียบเทียบแต่ละตัวจะเป็น โลจิก "1" ได้ตามลำดับขึ้นไป เมื่อแรงดันอินพุทมีมากกว่าแรงดันอ้างอิง แต่ละค่าที่ถูกเซท โดยวงจรแบ่งแรงดันเน็ทเวอร์ค การสร้างรหัสที่เอ้าท์พุทของคอนเวอร์ทเตอร์

ถ้าเราสังเกตุวงจรในรูปที่ 2.6.3 ให้ดีจะพบว่า วงจรที่ใช้ตัวเปรียบเทียบ 2-1 เป็นตัวแสดงความละเอียดของ คอนเวอร์ทเตอร์ จากตัวอย่างคอนเวอร์ทเตอร์ขนาด 2 บิทของเราต้องการ 2-1 เท่ากับ 3 และคอนเวอร์ทเตอร์ขนาดบิท ต้องใช้ตัวเปรียบเทียบถึง 2-1 ตัวหรือ 255 ตัว

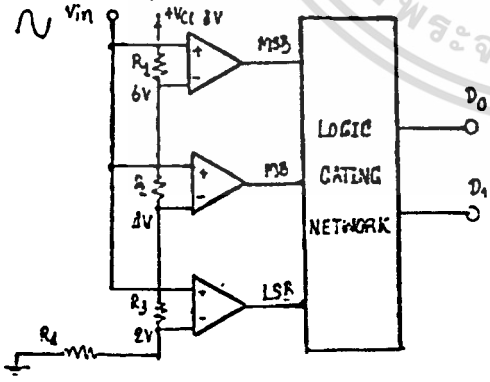
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แฟลช์คอนเวอร์ทเตอร์ ได้มีเพียง ข้อเสีย ของมันเพียงอย่างเดียว แต่มันยังมีของดีที่ ADC แบบอื่นๆ ไม่มี หรือสู้ไม่ได้คือความเร็วช่วงเวลาในการเปลี่ยนจิงมีความเท่ากับเวลาหน่วง ในตัวเปรียบเทียบแต่ละตัว และวงจรเกทในวงจร เท่านั้น ซึ่งในเวลา ไม่เพียงไมโครเซค

2.6.3 ADC แบบสโลปเดียว (Single-Slope ADC)

การแปลงสัญยาณ อะนาล็อกให้เป็นสัญญาณ ดิจิตอลที่มีประสิทธิภาพสูงสุดวิธีหนึ่งคือ วิธีแบบ A/D สโลปเดียวหรือเรียกว่า A/D แรมป์เดียว (Single-ramp) A/D ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.6.4

การทำงานของวงจร A/D สโลปเดียวเริ่มต้นการรีเซทวงจรนับและแรงดันแรมป์อยู่ที่ 0 เอ้าท์พุทของตัวเปรียบเทียบที่จุดเริ่มต้นเป็น "0" ดังนั้นจิงไม่มีสัญญาณนาฬิกาจ่ายให้กับวงจรนับ เมื่อแรงดันอินพุท ถูกจ่ายให้กับตัว คอนเวอร์ทเตอร์ ขาอินพุท นอนอินเวอติ้ง (+) จะมีค่าแรงดันเกินกว่าแรงดันขาอินพุทอินเวอติ้ง (-) ดังนั้น เอ้าท์พุทของตัวเปรียบเทียบจิงเป็นโลจิก "High" สัญญาณโลจิก "High" นี้ไปเอนาเบิ้ลให้ and เกททำงานให้ยอมรับพัลส์ของสัญญาณนาฬิกา ผ่านตัวมันเข้าไปยังวงจรนับเลขฐานสองให้ทำงานขณะเดียวกัน วงจรไทม์มิ่ง จะขับให้แรง



Vin (V)	Binary Bit o/p		Comparator o/p		
	D1	DO	MSB	MB	LSB
0-2	0	0	0	0	0
2-4	0	1	0	0	1
4-6	1	0	0	1	1
6-8	1	1	1	1	1

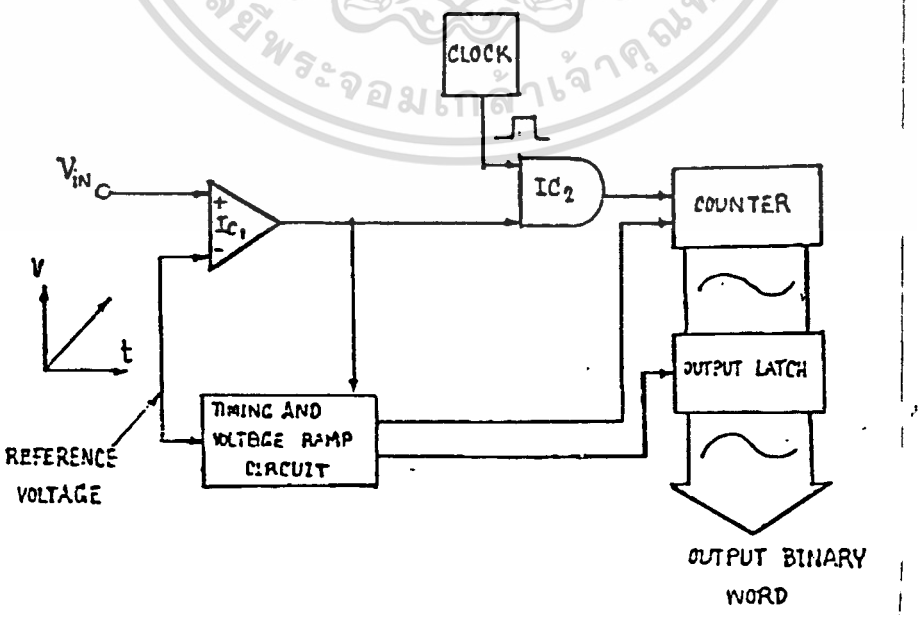
รูปที่ 2.6.3 แฟลช์ A/D คอนเวอร์ทเตอร์เป็นคอนเวอร์ทเตอร์ที่ความเร็วในการเปลี่ยนแปลงสัญญาณสูงและมีลักษณะวงจรง่ายความละเอียดต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับ สัญญาณอะนาล็อกทางอินพุท เพราะว่าวงจรนับ และแรงดันแรมป์ อ้างอิงทั้งคู่เริ่มต้นจากศูนย์ที่ทุก ๆ วัฏจักรการแปรผัน มันจึงใช้เวลาค่อนข้างนาน ที่จะทำให้แรงดันอ้างอิงเท่ากับแรงดันอินพุท ในทางตรงกันข้าม ถ้าแรงดันอินพุทมีค่าน้อย ช่วงเวลา ที่แรงดันแรมป์ที่อ้างอิงเพิ่มขึ้นจะเท่ากับแรงดันอินพุท จึงใช้เวลาน้อยกว่ากรณีแรงดันอินพุท มีค่ามากๆ แรงดันแรมป์อ้างอิงสามารถเปลี่ยนแปลงมากขึ้น เท่ากับแรงดันอินพุทได้ เร็วกว่า 1 โวลท์ ต่อ 1/1000 วินาที เช่นถ้าแรงดันอินพุทเป็น 2 โวลท์ ถูกจ่ายให้กับวงจรในรูป วงจรจะใช้ เวลา 2 x 1 Volt /S ซึ่งเท่ากับ 2 mS สำหรับแรงดันแรมป์ ที่จะเพิ่มขึ้นจะมีแรงดันเท่ากับ แรงดันอินพุท การนับเลขฐานสอง จะกระทำหลังจาก 2 mS ไปแล้วความเร็วในช่วงนี้ขึ้นอยู่กับความเร็วสัญญาณนาฬิกามีค่าสูงจะทำให้จังหวะในการนับเร็วขึ้นด้วย

เนื่องจากการทำงานของสัญญาณนาฬิกา ขึ้นอยู่กับแรงดันแรมป์ จึงเป็นลักษณะพิเศษของ A/D สโลปเดียว ที่มีสัญญาณเอ้าท์พุทออกมาเป็นเลขฐานสองโดยตรง ไอซีเครื่องมือวัดบางตัวที่ใช้เทคนิค แบบสโลปเดียว นี้จะแปลงรหัส BCD ไปขับภาคแสดงผล 7 เซ็กเม้นท์ ได้โดยตรง ซึ่งทำให้สะดวก และข้อได้เปรียบกว่าเทคนิค A/D แบบอื่นอย่างมาก

ข้อเสีย A/D สโลปเดี่ยวคือ การทำงานที่ไม่ค่อยมีเสถียรภาพเมื่อใช้งาน A/D เป็นเวลานานๆ โดยปราศจากการประสานจังหวะ (Synchroninzation) ระหว่างวงจรผลิตสัญญาณนาฬิกา และวงจรสร้างสัญญาณแรมป์ทุกๆ การเลื่อ



รูปที่ 2.6.4 ตัวผลิตสัญญาณแรมป์ ตัวเปรียบเทียบและตัวนับ เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของ A/D คอนเวอร์ทเตอร์แบบสโลป์เดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรมป์เพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้แรงดันอินพุทที่ขาอินเวอติ้งของตัวเปรียบเทียบเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อแรงดันแรมป์อ้างอิงเริ่มมากกว่าแรงดันอินพุทเอ้าท์พุทของตัวเปรียบเทียบ จะตกลงเป็น โลจิก "low" อีกครั้ง วงจรนับจุเกิดการ ค้าง (latch) ค่าที่นับขณะหนึ่งต่อมาทำการ รีเซท ตัวนับ สำหรับ วัฏจักรการแปลงสัญญาณช่วงต่อไปเมื่อแรงดัน แรมป์ อ้างอิงมีค่าเท่ากับ แรงดันอินพุท ที่จ่ายเข้ามาวงจรนับจะถูกกระตุ้นให้นับเลขฐานสอง ขณะเดียวกันค่าที่นับได้ จึงเป็นสัญญาณ ดิจิตอล ของสัญญาณอะนาล็อกทางด้านอินพุทที่เข้ามาในขณะนั้น จะสังเกตุได้ว่าความเร็วของสัญญาณนาฬิกาและอัตราการเพิ่มขึ้นในลักษณะเป็นแรงดันแรมป์ จะต้องมีความสัมพันธ์กันอย่างถูกต้องเพื่อให้วงจรนับทำงานตามหน้าที่ ได้อย่างถูกต้อง แน่นอน ค่าเวลาที่ต้องการ ทำการเปลี่ยนขึ้น อยู่นของความเร็วสัญญาณนาฬิกา หรือแรงดันแรมป์
เป็นเหตุทำให้เกิดการผิดพลาดที่รหัสทางเอ้าท์พุท จึงเป็นสาเหตุที่สำคัญที่ทำให้ A/D สโลปเดี่ยว ไม่นำไปใช้งานที่ต้องการความถูกต้องสูง

2.6.4 A/D แบบสโลปคู่ (Double-Slope ADC)

เทคนิคการเปลี่ยนสัญญาณอะนาล็อก ไปเป็นสัญญาณดิจิตอลแบบสโลปคู่ เป็นเทคนิคที่หนึ่งเท่านั้น หลังจากช่วงเวลานี้แล้ว วงจรควบคุมทำการเคลียวงจรนับ เอ้าท์พุทของวงจรเปรียบเทียบจะกลายเป็น "Low" ซึ่งเป็นสัญญาณนาฬิกาที่ป้อนวงจรนับหยุดลง วงจรควบคุมจะทำการตรวจสอบซึ่งเปลี่ยน และ แลทช์ การนับที่เอ้าท์พุทไว้เราทำการเคลียวงจรอีกครั้ง

อัตราอินทิเกท ขึ้นอยู่กับขนาดของแรงดันอินพุท เช่นเดียวค่าของ R และ C ดังนั้นแรงดันอินพุทที่ต่ำๆ จะส่งของวงจรอินทิเกทเตอร์ให้น้อยกว่าแรงดันอินพุทที่มีค่าสูงๆ ในช่วงคาบเวลาอินพุทที่แน่นอนของวัฏจักรการแปรผัน (Conversion eyele) ดังนั้นคอนเวอร์ทเตอร์แบบสโลปคู่มีประสิทธิภาพเหมาะสำหรับการประยุกต์ใช้งานที่มีความแม่นยำสูง

ข้อเสียของการแปรผันแบบสโลปคู่ คือ คาบเวลาที่ขยายออกไปที่ต้องการใช้ในการแปรผันคอนเวอร์เตอร์แบบสโลปคู่ ต้องการคาบเวลาที่มากกว่า 100 mS ต่อการเปลี่ยนสัญญาณอินพุทที่มีแรงดันสูงๆ ให้อยู่ในรูปสัญญาณดิจิตอล

2.6.5 DAC แบบมีการป้อนกลับ (D/A feedfack converters)

D/A คอนเวอร์ทเตอร์ ที่ใช้สัญยาณป้อนกลับ มาเป็น สัญญาณอ้างอิง ที่วงจร เปรียบเทียบที่สองชนิดคือ

1. วงจรนับแบบเดี่ยว (Single counter)

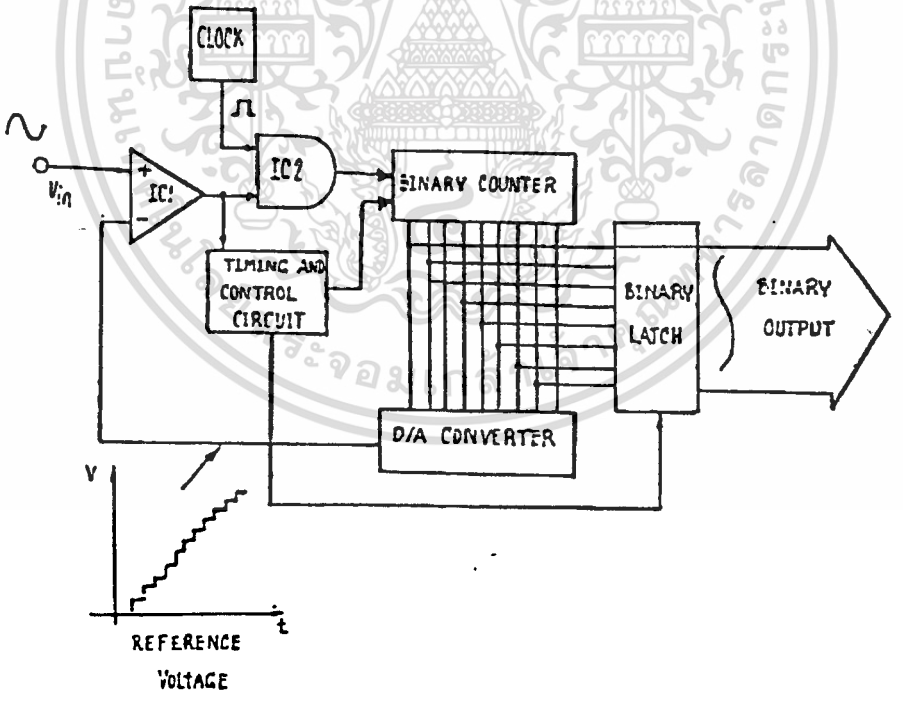
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วงจรนับแบบเทร็คกิ้ง (Tracking counter)

แรงดันแรมป์ไปควบคุมการทำงานของ D/A คอนเวอร์ทเตอร์

วงจรของนับ ADC แบบวงจรนับเดียวได้มีการพัฒนาจนมีลักษระคล้ายคลึงกันกับ ADC แบบสโลปเดียว ตลอดจนการทำงานของวงจรทั้งสองยังคล้ายกันอีกด้วย แต่ ADC แบบวงจรนับเดียวจะอ่านการนับสัญญาณนาฬิกาที่ได้จากวงจรนับเลขฐานสอง แล้วทำให้เป็นแรงดันป้อนกลับ ไปยังวงจร เปรียบเทียบ แทนวงจร อินทิเกทเตอร์ หรือแหล่งแรงดันแรมป์อื่นๆ ดังรูปที่ 2.6.6

เมื่อสัญญาณอะนาล็อกทางอินพุท ถูกจ่ายเป็นวงจรเปรียบเทียบ เอ้าท์พุท ของมัน "High" ดังนั้น วงจรควบคุมจึงยอมให้สัญญาณนาฬิกาผ่านเข้าไปในวงจรนับๆ จะนับตัวเลขฐานสองขึ้นไปเรื่อย ๆ วงจรควบคุมจะส่งสัญญาณไปยัง วงจรแลทช์เลขฐานสอง (Sinary latch) ให้ไปค้างค่าที่ได้จากวงจรนับที่เอ้าท์พุทไว้ หลังจากนั้นวงจรควบคุมจะทำการรีเซท วงจรนับสำหรับวัฏจักรการแปรผันต่อไป



รูปที่ 2.6.6 D/A คอนเวอร์ทเตอร์ถูกใช้ในวงจร D/A คอนเวอร์ทเตอร์เพื่อที่จะเป็นตัวสร้าง

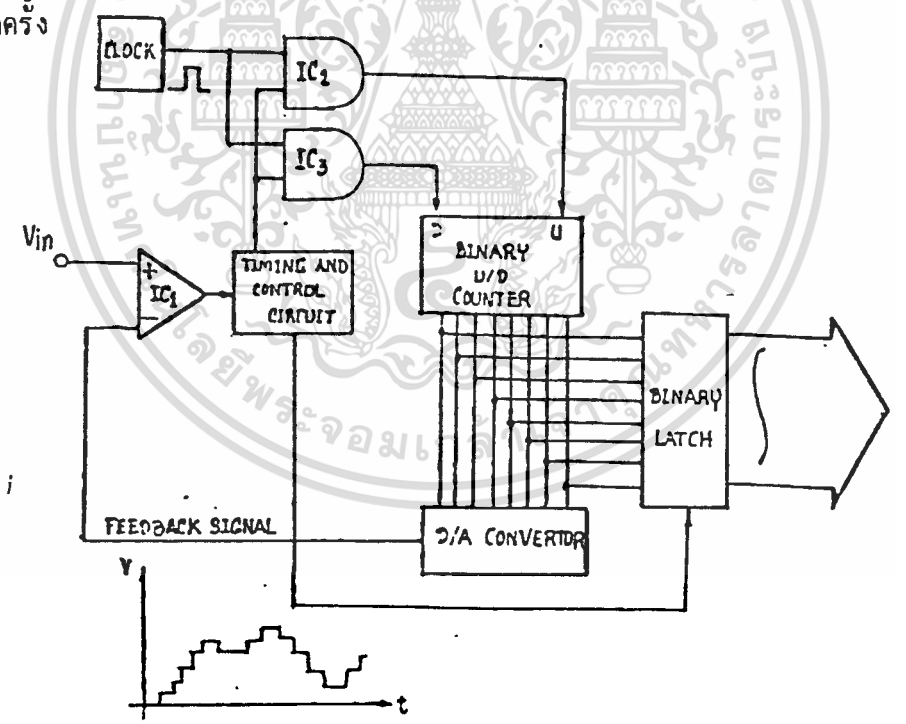
เทคนิคของวงจรนับแบบเทร็คกิ้ง สามารถทำการแปรผันได้เร็วกว่าแบบวงจรนับเดียว ซึ่งเป็นการแปรผันที่รวดเร็ว เพราะวงจรนับเทรดกิ้ง ใช้วงจรนับเลขฐานสองแบบขึ้นลงได้ แทนวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จรนับขึ้นอย่างเดียวเหมือนกับตัวอย่างที่ผ่านมา ดังรูปที่ 2.6.7

วงจรนับสามารถเพิ่มค่าขึ้นลงได้ขึ้นอยู่กับฐานะทางด้านเอ้าท์พุทของวงจรเปรียบเทียบซึ่งจะทำให้รหัสไปนาริ่ที่ได้มีความเป็นจริงต่อสัญญาณอะนาล็อกมากขึ้น

การทำงานของ ADC เทร็คกิ้ง เริ่มต้นที่สัญญาณอะนาล็อกถูกป้อนมายังอินพุทของวงจรเปรียบเทียบการนับ บนวงจรนับเลขฐานสองขึ้นลง อาจจะเริ่มที่ค่าใดๆ ก็ได้นั้นหมายถึง แรงดันป้อนกลับที่มาจากตัว ADC อาจจะมากกว่าหรือน้อยกว่าสัญญาณอะนาล็อกทางอินพุทก็ได้ ถ้าแรงดันป้อนกลับ มีค่ามากกว่า สัญญาณอะนาล็อก ทางอินพุท เอ้าท์พุท จะมีฐานะเป็น "low" และวงจรควบคุมจะส่งสัญญาณไปเปิดเกทให้พัลส์ของสัญญาณนาฬิกาผ่านไปยังวงจรนับ ดังนั้นจึงเป็นการลดค่าเลข ฐานสองซึ่งเป็นเอ้าท์พุทของวงจรนับ และเป็นการลงแรงดันป้อนกลับที่วงจรเปรียบเทียบ เมื่อแรงดันป้อนกลับตกลงต่ำกว่าแรงดันอินพุท เอ้าท์พุทของวงจรแบบเปรียบเทียบจะฐานะเป็น "High" ทันทีและวงจรควบคุม จะส่งสัญญาณไปยังวงจรแลทช์ทางด้าน เอ้าท์พุท ให้ค้างเอ้าท์พุทไว้ วงจรเกทจะส่ง สัญญาณนาฬิกา ไปเพิ่มเอ้าท์พุท ของวงจรนับขึ้น เป็นเหตุให้วงจรนับค่าขึ้นอีกครั้ง



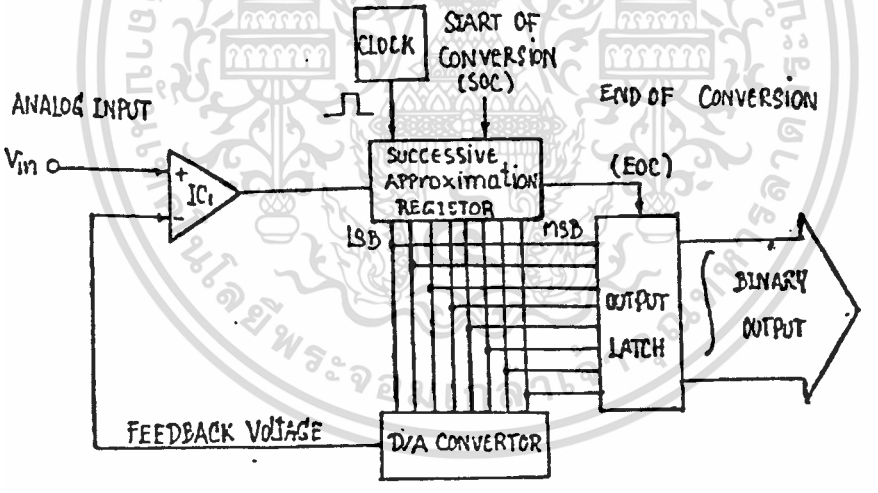
รูปที่ 2.6.7 วงจรนับเลขฐานสองแบบขึ้นลงทำให้ A/D คอนเวอร์ทเตอร์เปลี่ยนแปลงสัญญาณป้อนกลับตามสัญญาณอะนาล็อกทางอินพุทได้ซึ่งใช้ใน ADC แบบเทร็คกิ้ง

เทคนิคแบบ วงจรนับเทร็คกิ้ง นั้นมีความเร็วสูงกว่าเทคนิค แบบวงจรนับเดียว แต่มันยังมีข้อเสีย คือเทคนิคแบบวงจรนับเทร็คกิ้งเหมาะสำหรับการแปรสัญญาณอินพุทที่มีการเปลี่ยนอย่างรวดเร็ว ให้อยู่ในรูปสัญญาณดิจิตอล ได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.6 ADC แบบประมาณค่าหลาย ๆ ครั้ง (Successive-approximation) ADC) เทคนิคการประมาณค่าหลาย ๆ ครั้ง เป็นเทคนิคที่มีความสามารถสูงและใช้งานได้ดีซึ่งสามารถแปลง สัญญาณอะนาล็อก ให้เป็นสัญญาณดิจิตอลได้รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพเพราะไม่มีการ ออสซิลเลท หัวใจของ SA คอนเวอร์เตอร์คือ อุปกรณ์ที่เรียกว่า "Successive-approximation registor" (SAR) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีจุดประสงค์ต่างจากวงจรนับทั่วๆ ไปอย่างมาก ดังรูป 2.6.8

การทำงานเริ่มต้น เมื่อสัญญาณอะนาล็อก ถูกป้อนให้กับคอนเวอร์ทเตอร์ และพัลส์การแปลงเริ่มต้น (Start conversion pulse "SOC") ถูกป้อนให้กับตัว SAR พัลส์สัญญาณนาฬิกาลูกแรกที่ป้อนให้กับตัวอินพุท ของอินเวอร์ทเตอร์ ตัว SAR จะ "on" เอ้าท์พุทของบิทนับสูงสุด ดังนั้นจะเป็นปรับเอ้าท์พุทของ DAC เป็น 50% ของแรงดันเอ้าท์พุทของอินเวอร์เตอร์ ตัว SAR จะมองไปยังเอ้าท์พุทของวงจรเปรียบเทียบว่า เอ้าท์พุทของ DAC มีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าสัญญาณ



รูปที่ 2.6.8 SAR เป็นตัวเร่งความเร็วของกระบวนการแปลงสัญญาณอะนาล็อกเป็นดิจิตอล

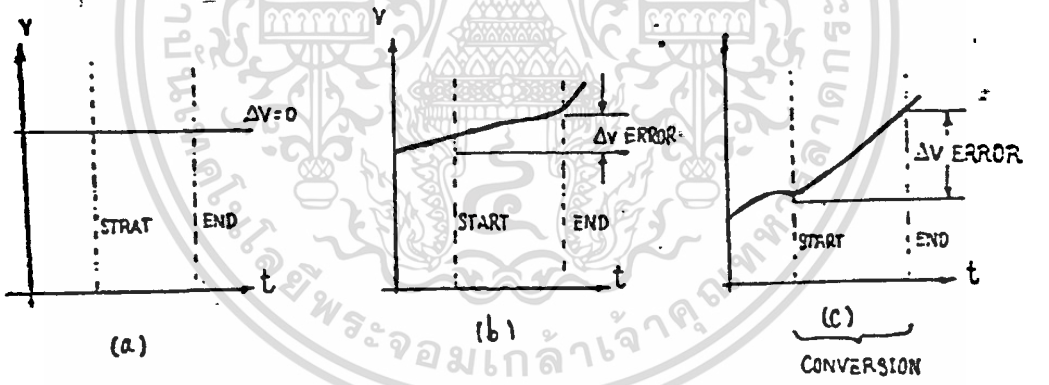
อะนาล็อก ทางอินพุท ถ้าแรงดันของ DAC มีค่ามากกว่าวงจรเปรียบเทียบ จะยังคงอยู่ในสภาวะ "off" ดังนั้น ตัว SAR จะ "off" บิทในนัยสูงสุด และ ให้ชื่อว่าสภาวะ "0" ถ้าแรงดันของ DAC มีค่าน้อยกว่าสัญญาณอะนาล็อกทางอินพุทของวงจรเปรียบเทียบจะยังคงทำงานอยู่ ดังนั้นตัว SAR ยังปล่อยให้บทนัยสูงสุด "on" อยู่ และเราเรียกว่าสภาวะหนึ่งนี้ว่า "1" ซึ่งสภาวะ "1" หรือ "0" นี้ จะทำภายในพัลส์ของสัญญาณนาฬิกาเพียงพัลส์เดียวบนสัญญาณนาฬิกาเพียงพัลส์เดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บนสัญญาณนาฬิกาถัดไป ตัว SAR จะ "on" บิทนัยสูงสุดอันดับสอง จะเปรียบเทียบไปเรื่อยๆ ตัว SAR จะส่งสัญญาณสิ้นสุดการแปรผัน (End of conversion:EOC) ไปทำการค้างผลลัพท์ ไว้ที่เป็น เลขฐานทางเอ้าท์พุทไว้

2.6.7 Quantizing Error

Quantizing error ซึ่งมีความสามารถเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงอะนาล็อก ทางด้านอินพุท อยู่ระหว่างที่ทำการแปลงสัญญาณ อยู่การทำงานเริ่มต้นขึ้นที่ ADC ต้องการเวลาในช่วงหนึ่ง เพื่อที่จะสร้าง ดิจิตอลออกมาทางด้านเอ้าท์พุท ถ้าแรงดันอินพุทเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นในระหว่างการแปลงสัญญาณไบนารี่เอ้าท์พุทสุดท้าย จะแทนระดับแรงดันที่ท้ายสุดของวัฏจักร แทนที่จะเป็นช่วงเริ่มต้น เมื่อไม่มีการเปลี่ยนแปลงแรงดันอินพุทขึ้นเช่น ในกรณีนี้จะไม่เกิด Quantizing error ขึ้นดังแสดงในรูป สัญญาณที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว หรือ ที่เราเรียกว่า "slew rate"นั้นจะก่อให้เกิด Quantizingerror มากยิ่งขึ้นดังแสดงในรูปตามลำดับ 2.6.9



รูปที่ 2.6.9 Quantizing error เกิดขึ้นเนื่องจากสัญญาณอะนาล็อกทางด้านอินพุทเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นในระหว่างวัฏจักรการแปลงสัญญาณในรูป A จะไม่เกิด Quantizing error ขึ้นเนื่องจากแรงดันอินพุทไม่มีการเปลี่ยนแปลง ในรูป B เกิด Quantizing error เล็กน้อย ในรูป C เมื่อสัญญาณอินพุทความถี่สูงขึ้นระดับ Quantizing error เล็กน้อยในรูป C เมื่อสัญญาณอินพุทความถี่สูงขึ้นระดับ Quantizing error จะมากขึ้นด้วย

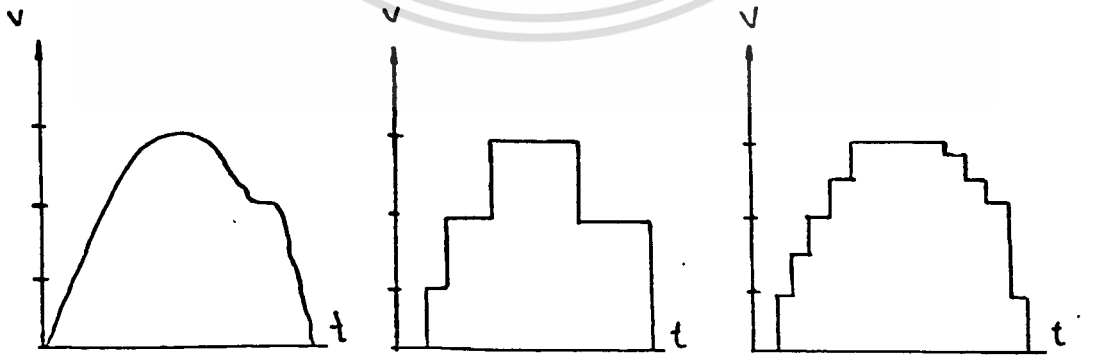
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 D/A คอนเวอร์เตอร์ (Digital to Analog Convertor)

D/A คอนเวอร์เตอร์ หรือเรียกย่อๆ ว่า ตัว DAC เป็นตัวแปลงรหัสเลขฐาน 2 รองจากคอมพิวเตอร์ หรือจากวงจรดิจิตอลใดๆ ให้กลายเป็นระดับอนาล็อกที่มีความสำพันธ์กับระบบเลขฐานสอง ตัว DAC สามารถนำไปใช้กับอุปกรณ์ที่เป็นอนาล็อกได้ เช่น มิเตอร์ ,มอเตอร์ อุปกรณ์ควบคุม หรือวงจรที่เกี่ยวกับสัญญาณเสียง เช่นเครื่องเล่นคอมแพ็กดิสก์ ตัว DAC ในเครื่องเล่นคอมแพ็คนั้นถูกใช้สำหรับการเปลี่ยนข้อมูลที่บันทึก เป็นสัญญาณดิจิตอลบนแผ่น CD ให้กลายเป็นสัญญาณเสียงที่มีคุณภาพสูง ออกมาให้เราได้ยิน

ต่อไปนี้ เราจะพิจารณาแนวความคิดที่สำคัญของ D/A เริ่มจากความละเอียดของ DAC เราจะนิยมไว้เป็นระดับแรงดันในแต่ละชั้นที่เอาท์พุทสามารถจะผลิตออกมาได้ ซึ่งมีความสำพันธ์โดยต่อจำนวนบิททางด้านอินพุทที่อยู่ในรูปของรหัสไบนารี DAC ขนาด 4 บิท จะมีอินพุทบิทอยู่ 4 อินพุทซึ่งมีความละเอียดเท่ากับ C จำนวนของระยะและความแตกต่างของระดับสัญญาณอะนาล็อกทางด้านเอาท์พุทที่ DAC ขนาด 4 บิทสามารถผลิตได้ด้วยระดับแรงดัน 16 ชั้นด้วยกัน

ทีนี้มาดู DAC ขนาด 8 บิท สามารถให้สัญญาณอะนาล็อกทางด้านเอาท์พุทที่เป็นระดับแรงดันได้ 2^8 หรือ 256 ระดับ DAC ขนาด 12 บิท สามารถในระดับแรงดันทางเอาท์พุทได้ 2^{12} หรือ 4096 ระดับ อย่างที่เราได้เห็นแล้วว่า DAC มีขนาดอินพุทบิทมากเท่าไร ความละเอียดและความถูกต้องของระดับแรงดันอะนาล็อกทางเอาท์พุทที่ DAC สามารถผลิตได้จะมากขึ้นตามดังแสดงในรูปที่ 2.7.1



รูปที่ 2.7.1 แสดงความละเอียดของแรงดันทางเอาท์พุท ตัว DAC ยิ่งมีอินพุทมากเท่าไร ความละเอียดทางเอาท์พุทจะมากขึ้นตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถัดมาจากความละเอียดของ DAC เราจะมาพิจารณาถึงเวลาเข้าสู่สภาวะของตัว (SETTINGTIME) เวลาเข้าสู่สภาวะคงตัว เป็นค่าของเวลาที่ระดับแรงดันเอาท์พุทเข้าสู่สภาวะคงตัว เมื่อรหัสไบนารีทางอินพุทเปลี่ยนแปลงไปโดยปกติจะคิดที่สัญญาณทางเอาท์พุทคงที่ ในช่วง +-1/2 ของ LSB (LEAST SINGIFICANT BIT) ของค่าที่คาดว่าจะเป็นหลังจากไบนารีทางด้านอินพุทเปลี่ยนไปนั้นหมายความว่า ในเงื่อนไขของการปฏิบัติงานจริงๆ มีความสัมพันธ์กับค่าซึ่งเป็นอยู่ในขณะนั้นต่อ LSB มีค่าเท่ากับ $10/2^8$ หรือ 0.039 โวลท์ ครึ่งหนึ่งของค่า $10/2^8$ เป็น 0.0195 โวลท์ ดังนั้น ค่าเวลาที่ระดับแรงดันเอาท์พุทเข้าสู่สภาวะคงที่ ควรจะเป็นเวลาที่เอาท์พุทเพิ่มขึ้นถึง 0.0195 โวลท์ ของค่าระดับที่คาดหมายไว้ ตามปกติค่าเวลาเข้าสู่สภาวะคงตัวมีค่าน้อยกว่า 10 US ค่าความแม่นยำเป็นแฟกเตอร์ที่สำคัญอีกตัวหนึ่งของ DAC ในเงื่อนปกติค่าความแม่นยำของ DAC คือ +- ทุกๆตำแหน่งจาก 1/2
ถึง 2 ค่า LSD ควรจะเป็น $1/2^{12}$ หรือ 0.00122 โวลท์ สำหรับทุกๆค่าของรหัสไบนารีทางด้านเอาท์พุทแรงดันอาจจะสูงหรือต่ำกว่าค่าที่คาดหมายไว้ 0.22122 โวลท์ ถ้า DAC ตัวเดียวกันมีค่าความแม่นยำเท่ากับ 1/2 ค่าความถูกต้อง LSB ค่าเอาท์พุทจะสามารถผิดพลาดได้ +- 0.00122 หรือ +- 0.00061 โวลท์ ยิ่งค่าความละเอียดก็จะมากขึ้นตาม และจะมีค่าใกล้เคียงกับค่าเอาท์พุทที่คาดไว้ หลายปีที่ผ่านมาได้มีการค้นคิดพัฒนาวิธีการเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอล ไปเป็นอะนาล็อก 2 วิธีด้วยกัน :BINARY WEIGHTED และ BINARY LADDER D/A

2.7.1 BINARY-WEIGHED RESISTOR D/A

เทคนิคจัดน้ำหนักของรหัสไบนารีเป็นวิธีที่ง่ายที่สุดและเก่าที่สุดของการแปลงดิจิตอลบิทให้กลายเป็นสัญญาณอะนาล็อก วงจรของ BINARY WEIGHTED RESISTOR D/A แสดงไว้ในรูปที่ 2.7.2

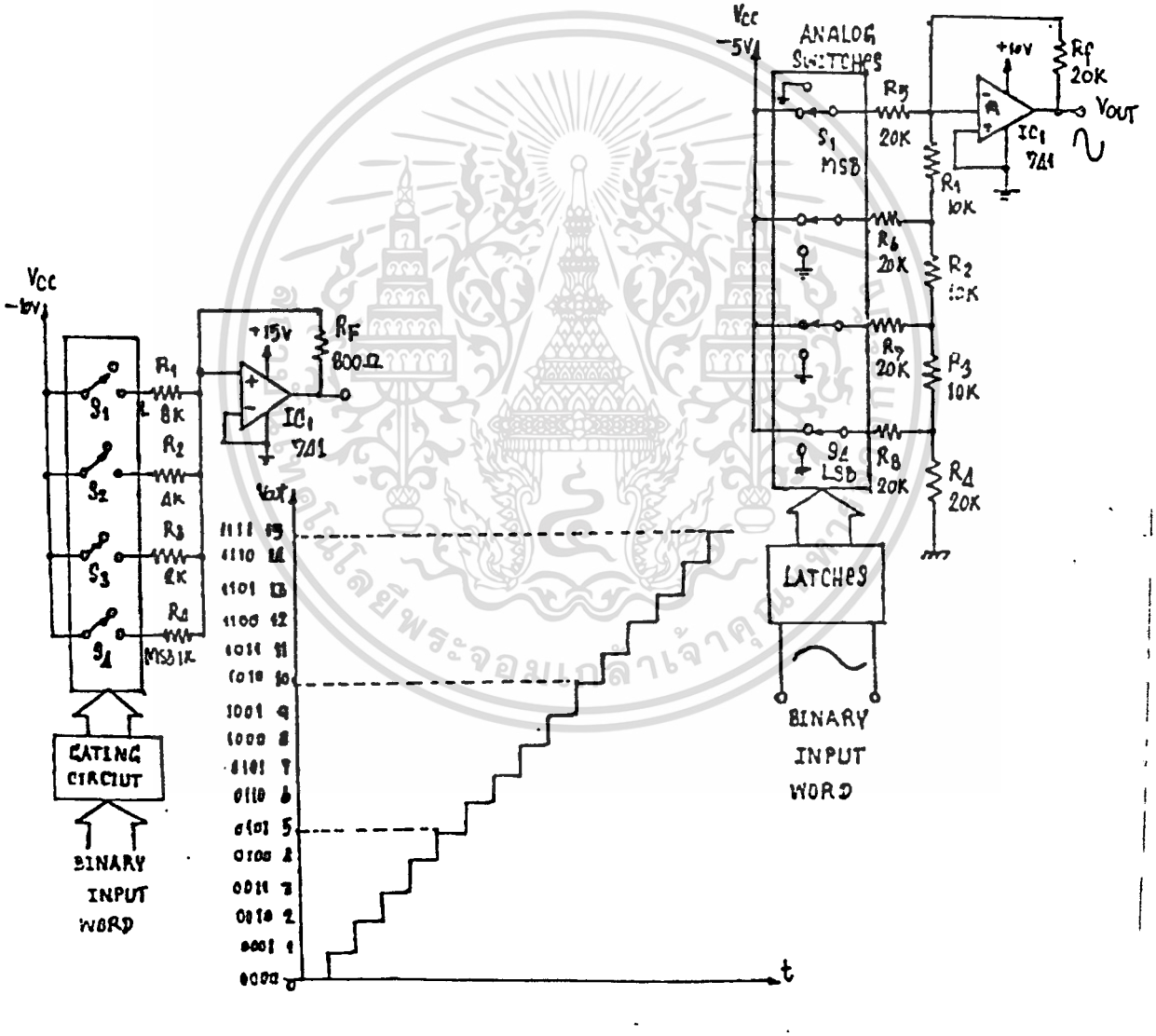
รหัสไบนารี่ จะถูกป้อนให้ขาของเกทอนาล็อกสวิทช์ เมื่อรหัสไบนารี่เป็น 0000 ถูกป้อนให้ที่ เกทอนาล็อกทั้งหมดจะเปิดวงจร ดังนั้น จิงไม่มีแรงดันเอ้าพุทจ่ายไปให้ออปแอมป์ เอ้าท์พุทจากออปแอมป์จิงเป็นศูนย์ เมื่อรหัสไบนารี่เป็น 0001 สวิทช์ S_1 จะปิดลง และแรงดัน 10 โวลท์จะจ่ายให้กับ R_1 เพราะว่าอินพุทของออปแอมป์จะมองได้ว่าเป็นกราวน์เสมือน (Virtoal Ground) เป็นผลให้แรงดัน 10 โวลท์ตกคร่อมตัวต้านทาน 10 K (R_1) ซึ่งเป็นเหตุให้เกิดกระแส 1.25 mA (10 V/8000) ไหผ่านความต้านทานป้อนกลับ (R_f) ค่า 800 แรงดันตกคร่อม (R_f) ควรจะมีค่า 800 * 1.25 mA หรือเท่ากับ 1 โวลท์

เมื่อรหัสไบนารี่เปลี่ยนไปเป็น 0010 S_1 จะเปิด และ 2.5 mA (10 V/4000) ไหลผ่าน R_2 แรงดันตกคร่อม R_f มีค่าเท่ากับ 800 * 2.5 mA หรือ 2 โวลท์ รหัสไบนารี่ 0100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะให้แรงดันเอ้าท์พุทเท่ากับ 4 โวลท์และรหัสไบนารี่เป็น 1000 แรงดันเอ้าพุทจะมีค่าเป็น 8 โวลท์ จะสังเกตุได้ว่ารหัสทางด้านอินพุทและค่าของ R_f มีผล
กระทบต่อระดับแรงดันทางเอ้าท์พุท

สวิทช์แต่ละตัว สามารถปิดวงจรพร้อมกันได้ เมื่อทำการร่วมกันเพื่อสร้างสัญญาณอนาล็อก ทางเอ้าท์พุท ที่มีค่าจาก 0 ถึง 15 โวลท์ (0000 = 0 โวลท์, 0111 = 7 โวลท์, และ 1111 = 15 โวลท์)ในการเพิ่มขึ้น 1 โวลท์ ต่อ 1 ขั้น



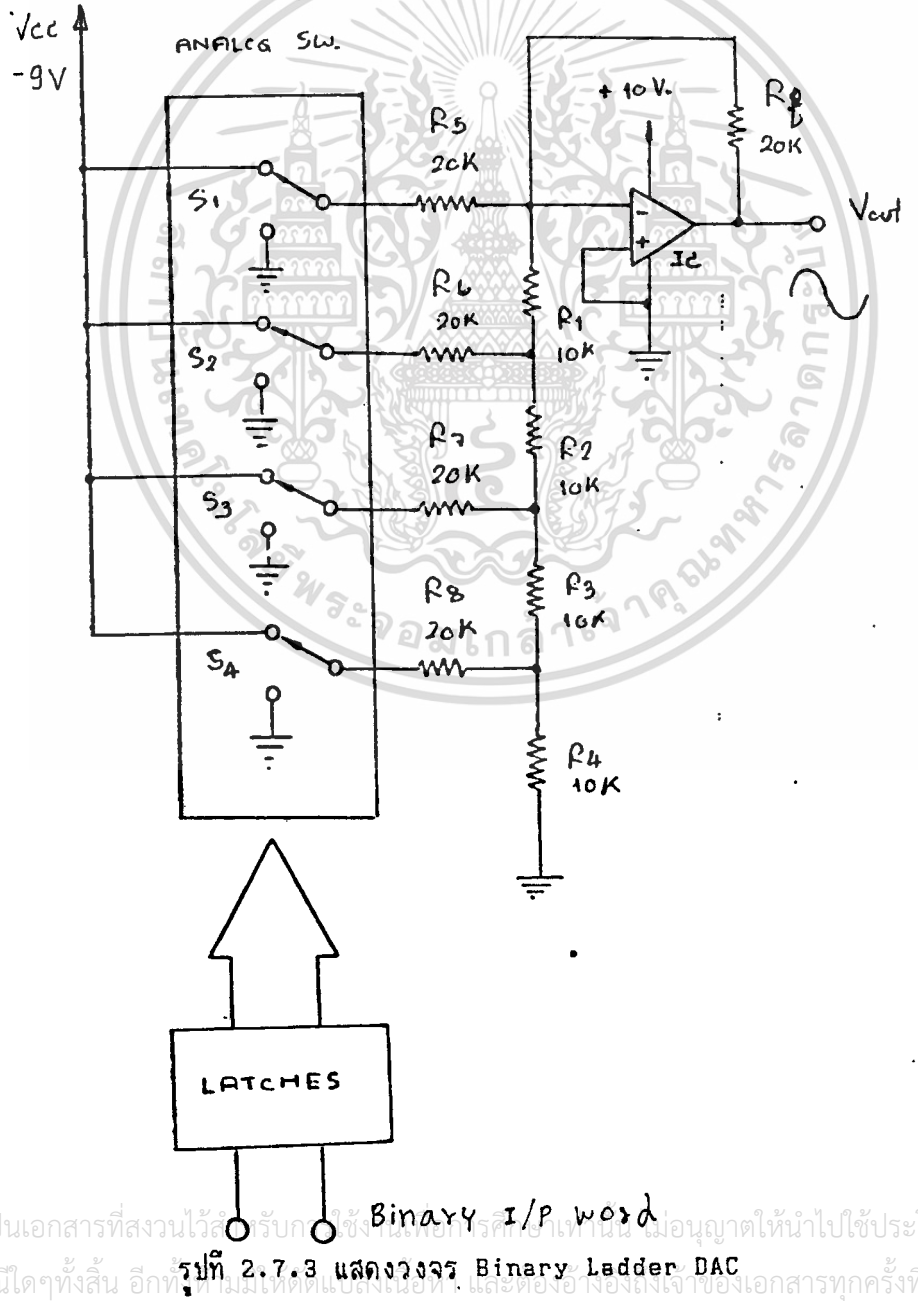
รูปที่ 2.7.2 แสดงวงจร Binary Weight DAC และกราฟแสดงเอ้าท์พุทของ DAC ต่อสัญญาณดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถึงแม้ว่า Binary Weighted resistor DAC มีลักษณะวงจรง่ายๆ ตรงไปตรงมา แต่ไม่สะดวกในการนำไปใช้งาน ถ้าต้องการความละเอียดของ DAC มากกว่า 4 บิท เพราะว่าค่าของตัวต้านทานที่ใช้ มากมายหลายค่าเกินไป ซึ่งต่างจาก Ladder network ที่ต้องการใช้ตัวต้านทาน เพียง 2 ค่าเท่านั้น

2.7.2 Ladder Network D/A

เทคนิคเลดเดอร์เน็ทเวิร์คสามารถสร้างแรงดันตามน้ำหนักของรหัสไบนารี่โดยอาศัยความต้านทานเพียง 2 ตัว เท่านั้น ที่จัดในลักษณะวงจรแบ่งแรงดัน หรือ ที่เรียกว่าไบนารี่เลดเดอร์ (Binary Ladder) ดังแสดงในรูปที่ 2.7.3



รูปที่ 2.7.3 แสดงวงจร Binary Ladder DAC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถึงแม้ว่าวงจร DAC แบบเล็ดเดอร์เน็ทเวอร์คนั้นดูผ่าน ๆ แล้วค่อนข้างจะยาก แต่การทำงานของวงจร ก็ยังคล้ายกับการทำงานของวงจร Binary weighted DAC เกทที่ต่ออยู่ในลักษณะอนุกรม ถูกใช้สำหรับอะนาล็อกสวิทช์ทั้งหมดจะเปิดออก ดังนั้นแรงดันเอ้าท์พุทที่ได้จากออปแอมป์จึงมีค่าเป็นศูนย์ สวิทช์ S_1 จะปิดเมื่อเกทได้รับรหัสไบนารี่เป็น 1000 เป็นผลให้เกิดแรงดันเอ้าท์พุท 5 โวลท์ ออกมาจากออปแอมป์ ถ้ารหัสไบนารี่เป็น 0010 สวิทช์ S_3 ก็จะปิดลงและทำให้เกิดแรงดัน 1.25 โวลท์ ที่เอาท์พุท และสุดท้ายที่อินพุทเป็น 0001 สวิทชี S_4 จะปิดลงออปแอมป์จะให้แรงดันเอ้าท์พุทออกมาก 0.0625 โวลท์ จะสังเกตุได้ว่า แต่ละแรงดันเอ้าท์พุทอยู่ในรูปอันดับของ ไบนารี่ คือเอ้าท์พุทสามารถเปลี่ยนจาก 0 ถึง 10 โวลท์ เพิ่มขึ้นละ 0.625 โวลท์ (24 หรือ 16 ขั้น)

ข้อดี ของเลดเดอร์เน็ทเว็อร์ค DAC คือสามารถออกแบบได้ง่าย เนื่องจากใช้ความต้านทานเนียง 2 ค่าเท่านั้น และในทุกวันนี้บริษัทผู้ผลิต DAC เกือบทั้งหมดจะใช้เทคนิคแบบเลดเดอร์เน็ท เว็อร์ค ในการผลิต DAC

วงจรเลดเดอร์ มักจะมีความถูกต้องแม่นยำ มากกว่าวงจร binary weighted เพราะว่าเราจะหาค่าความต้านทานที่ถูกต้อง 2 ค่า (เช่น 10K หรือ 20K) ได้ง่ายกว่าความต้านทานหลายๆ ค่าที่ใช้ในวงจร Binary Weighted DAC ไอซี DAC สำเร็จรูปที่นิยมใช้อยู่เบอร์ DAC-08

2.8 การใช้งานไอซี 723 ควบคุมแรงดัน

การใช้งานพื้นฐานของ IC723 วงจรปรับแรงดันนี้ควรจะ

2.8.1. ไอซีควรที่จะได้รับพลังงานจากแหล่งจ่ายไฟอยู่ในช่วง 9.5 V ถึง 40 V ซึ่งค่าแรงดันที่จ่ายภายในที่นี้ควรจะมีค่ามากกว่าแรงดันเอาท์พุทที่ต้องการอย่างน้อย 3 โวล์ท

2.8.2. ค่าแรงดันที่ควบคุมนี้ควรจะอยู่ในค่าระหว่าง 2 ถึง 37 โวล์

2.8.3. ค่ากระแสสูงสุดที่ได้จากเอาท์พุทโดยตรงไม่ควรเกิน 150 mA ซึ่งจะสามารถหาค่ากระแสสูงสุดได้เท่ากับ $P_{max} . V_{supply}$ ขณะที่ลัดวงจรที่เอาท์พุท

2.8.4. ค่าพลังงานที่สูญเสียไปภายในของไอซี 723 นี้เท่ากับ 660 mW ที่อุณหภูมิที่ภายนอกเท่ากับ 2C ซึ่งปัจจัยตัวนี้จะเป็นตัวกำหนดค่ากระแสสูงสุดของอุปกรณ์ โดยจากตัวอย่างเช่นถ้าแหล่งจ่ายไฟมีค่าเท่ากับ 15 โวลท์ จะทำให้กระแสสูงสุดปลอดภัยสำหรับวงจรนี้เท่ากับ 660 mW/1V = 44 mA

เอกสารนี้เป็นเอกสาร... ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น... ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น... ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.5. กระแสสำรอง (STANDBY CURRENT) ที่ใช้สำหรับไอซีประมาณ 1.3 mAเมื่อใช้แหล่งจ่ายไฟขนาน 30 โวลท์ และจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเท่าไรเมื่อมีการเปลี่ยนแปลง\เท่าไรเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันของแหล่งจ่ายไฟ

2.8.6. ค่าแรงดันอ้างอิงสูงสุด ที่ควรใช้กับอินพุทของวงจรขยายความผิดพลาดของไอซีมีค่าเท่ากับ 75 โวลท์

2.8.7. ซีเนอร์ไดโอดที่ต่อระหว่างขา V_{out} และ V_z ของไอซีควรจะมีค่าประมาณโวล์ทและสามารถทนกระแสได้ถึง 25mA

2.8.8. สำหรับไอซี 723 นั้นตัวเก็บประจุที่ใช้สำหรับกรองสัญญาณรบกวนนั้นจะต่อเข้ากับขาของCOMP ของไอซี ซึ่งค่าของตัวเก็บประจุนี้หาได้จากการต่อของวงจร

2.8.9. ค่าแรงดันอ้างอิงของไอซี คือส่วนที่ทดแทนอุหภูมิซึ่งค่าสัมประสิทธิในกรณีทั่วไปและกรณีเลยที่สุดนั้นเท่ากับ 0.003%/cและ .015%/c ตามลำดับ

2.8.10. คุณสมบัติการจำกัดกระแสของไอซี คือความไวอุณภูมิ (TEMPERATURE SENSITIVE)ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์อันดับหนึ่งที่ประมาณ -0.3%/c และด้วยเหตุผลว่าถ้าเราทำการจำกัดกระแสไว้ที่ 100 mA ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จะพบว่ากระแสที่จำกัดไว้จะเท่ากับ 92.5 mA ที่50 C และ107.5 mA ที่ 0 C

2.8.11. ไอซีควบคุมแรงดัน 723 จะไม่เสถียรภาพในกรณีที่โหลดของวงจรเป็นลักษณะรีแอคทีฟเพื่อที่จะให้วงจรเสถียรภาพและมีการเปลี่ยนแปลงของเอาท์พุทอิมพิแดนซ์น้อยที่สุดจะใช้ตัวเก็บประจุขนาดใหญ่ต่อคร่อมที่เอาท์พุทของ 723 การป้องกันความเสียหายที่เกิดจากการสะสมพลังงาน ขณะที่ทรานซิสเตอร์อยู่ในสภาวะปิดทำให้มีการเพิ่มไดโอดเข้าที่ขาแหล่งจ่ายไฟบวกและเอาท์พุทของวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

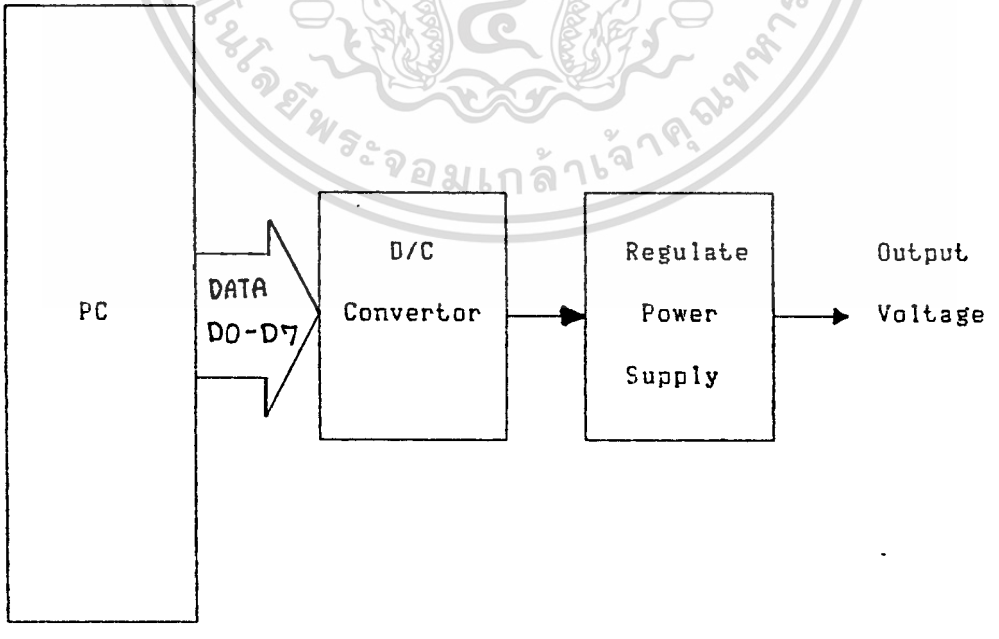
การใช้ PC ควบคุมวงจรเพาเวอร์ซัพพราย

(PC Control Power Supply Circuit)

โครงงานนี้เป็นการใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ (PC) ประยุกต์ใช้งานควบคุม Power Supply ซึ่งสามารถเลือกแรงดันได้ 0-25 VDC จ่ายกระแสได้ 2 A. ความละเอียดขั้นละ 0.1 V.

หลักการทำงาน

DATA D0-D7 จะเป็นตัวกำหนดแรงดันของเพาเวอร์ซัพพราย โดยจะเข้าวงจร D/A Converter คือแปลงสัญญาณดิจิตอล ให้เป็นสัญญาณอนาล็อก แล้วนำสัญญาณอนาล็อกไปควบคุมเพาเวอร์ซัพพราย และขยายกระแสให้ได้ตามต้องการ Data Control จาก PC เป็นตัวควบคุมการเลือกใช้งานของเพาเวอร์ซัพพราย



BLOCK DIAGRAM OF CONTROL POWER SUPPLY

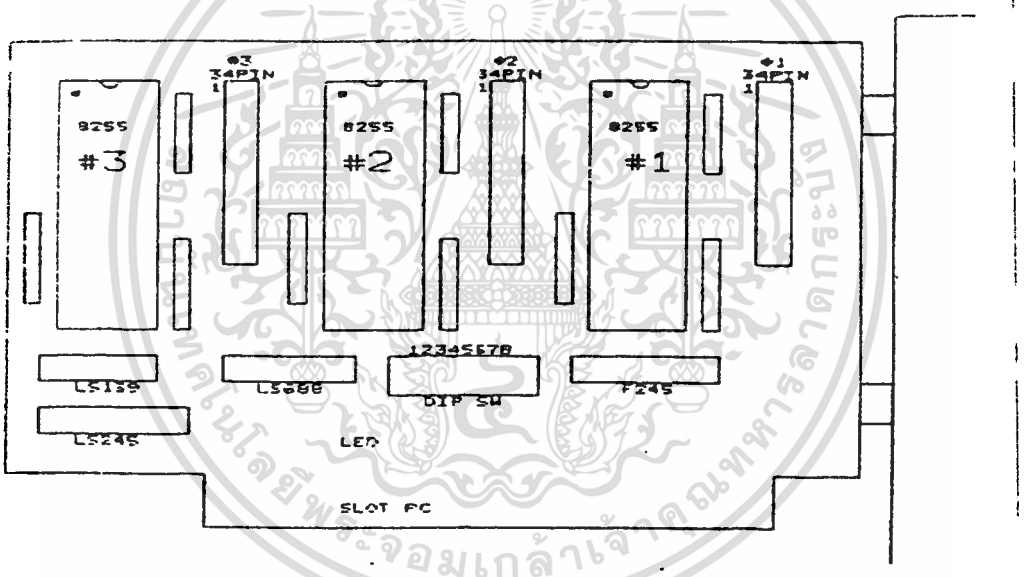
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 วงจร 8255 I/O Port

จากหลักการ และการทำงานของไอซี 8255 ในบทที่ 2 ที่ผ่านมา เราสามารถนำเอาไอซี 8255 มาประยุกต์ใช้งานได้

3.1.1 ลักษณะของ 8255 I/O PORT CARD

วงจร 8255 I/O PORT จะเป็น card ต่อขยายระบบเครื่อง PC ให้มีส่วนของ input, output port ใช้งานมากขึ้นโดยจะมี port ใช้งานเป็น input หรือ output จำนวน 9 port หรือ 72 bit I/O



รูปที่ 3.1.1 รูปลักษณะของ 8255 I/O CARD

3.1.2 การใช้งาน IC 8255

การใช้งานของ IC 8255 ได้อธิบายในหัวข้อ 2.1 ที่ผ่านมาแล้ว

3.1.3 การทำงานของ 8255 I/O CARD

8255 I/O CARD จะประกอบไปด้วย 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือส่วน IC 8255 ซึ่งเป็น IC ทำหน้าที่เป็น INPUT,OUTPUT PORT และส่วนของวงจร IC DECODE (เลือกตำแหน่งของ PORT 8255) คือ IC 74LS688, 74LS139 และ DIP SW.

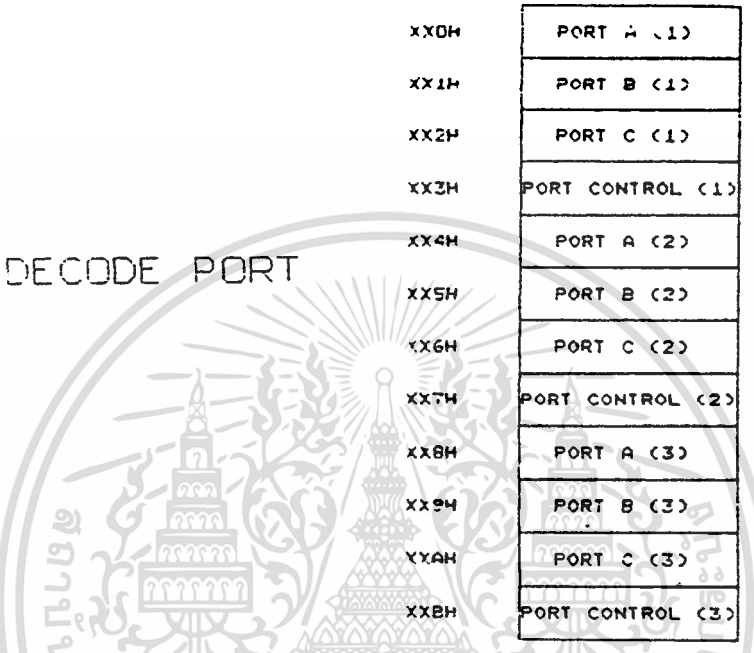
3.1.4 การ DECODE PORT

DECODE PORT 8255 บน CARD เราจะใช้ IC TTL 74LS688, IC TTL74LS139

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น การอ้างอิงถึงเอกสารนี้ต้องมีการอ้างอิงถึงเอกสารฉบับนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

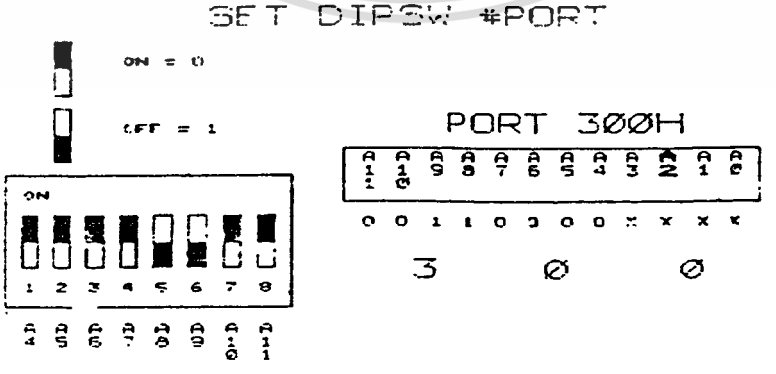
และ DIP SW.8 PIN เป็นวงจร DECODE เพื่อให้สามารถปรับ SET DIP SW. ตั้งตำแหน่งเบอร์ PORT ของ CARD ได้ โดยในการปรับ DIP SW. นั้นจะต้องไม่ไปตรงกับตำแหน่ง PORT ของ เครื่องคอมพิวเตอร์ PC ด้วย ดังรูป 3.1.2

โดย CARD 8255 I/O PORT จะต้องใช้ตำแหน่ง PORT 12 PORT ต่อ CARD



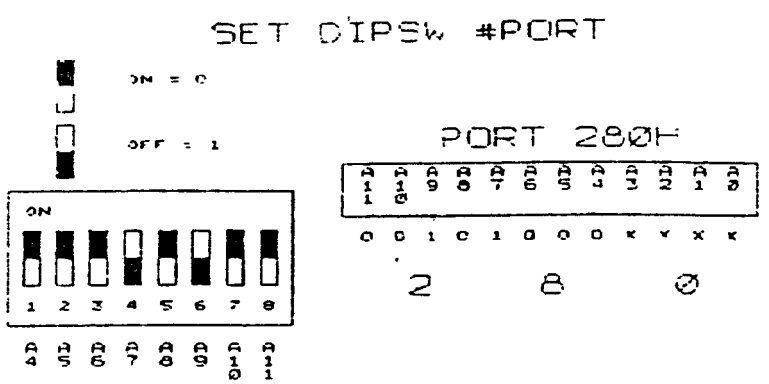
รูปที่ 3.1.2 แสดงตำแหน่ง PORT 12 ต่อ CARD 8255 I/O PORT

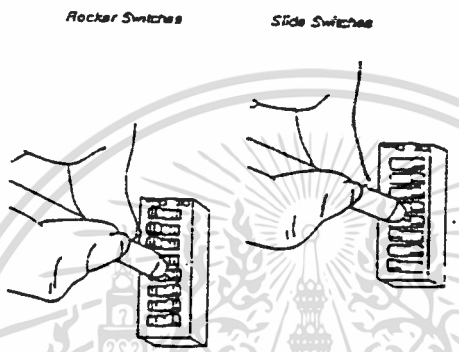
เราตั้งเบอร์ DECODE PORT ได้โดยการปรับ DEPSW. ซึ่งก็มีค่าเท่ากับค่า Address นั้นๆ เช่น เราตั้งตำแหน่ง 300H จะเซ็ท DIP SW. ดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าต้องการตั้งตำแหน่ง 280H จะ SET DIP SW. ดังนี้ :-





รูปที่ 3.1.3 แสดงการ Set DIP SW.

3.2 วงจร D/A Convertor และ Power Supply

โครงสร้างวงจรนั้น เพื่อความง่าย แต่คุณภาพเชื่อถือได้ จึงได้ IC Regurator # MC 1723 เป็นตัวที่ทำหน้าที่หลัก ในส่วนของพีซี จะส่งข้อมูลดิจิตอลขนาด 8 บิต มาทาง 8255 I/O Port แล้วแปลงเป็นสัญญาณอะนาลอกด้วย ดีทูเอ ได้เป็นกระแสอ้างอิงให้กับ MC 1723 กระแสอ้างอิง ที่เปลี่ยนแปลงตามข้อมูลดิจิตอล ก็จะเป็นตัวกำหนดแรงดัน Out Put ตามต้องการซึ่งที่ส่วน Output จะมี Transister กำลัง มาช่วยขยายกระแสเพื่อให้สามารถจ่ายกระแสได้มากขึ้น

วงจรสมบูรณ์ของแหล่งจ่ายไฟตรงจะถูกควบคุมด้วยพีซีที่สมบูรณ์ ซึ่งเป็น IC แปลงสัญญาณดิจิตอลเป็น อนาลอก หรือ ดีทูเอ ที่ใช้คือ IC# MC 1408L8 ซึ่งเป็นดีทูเอ ชนิด R-2Rมีความละเอียด ขนาด 8 บิต หรือ 256 ระดับ ให้เอาท์พุตเป็นกระแส ซึ่งใช้งานที่พบเห็นทั่วไปจะต้องมี ออปแอมป์อีก 1 ตัว ทำการเปลี่ยนกระแสเป็นแรงดันแต่ในที่นี้ใช้ออปแอมป์ภายในตัวMC1723 ทำหน้าที่แทนข้อมูลดิจิตอลขนาด 8 บิต ได้จากเครื่องพีซีทาง 8255 I/O Port ผ่านออปโต้อัปเปลอร์เป็นตัวเชื่อมโยงสัญญาณโดยใช้แสง เพื่อแยกวงจรออกจากกันทางไฟฟ้ากับเครื่องพีซี (P-

ersona Computer) ลักษณะการต่อจะร่วมกันกับสัญญาณจากออปโต้อัปเปลอร์ โดยมีตัวต้านทานยกระดับลอจิกไว้ที่ "1" ลักษณะเช่นนี้จะถูกเรียกว่า "wire OR" คือเป็นการต่อร่วมกันตรงๆ แต่ทำตัวเสมือนเป็นออร์เกตตัวหนึ่ง

กระแสจากเอาท์พุตจาก IC MC 1408L8 ที่ขา 4 จะป้อนให้กับขาอินพุตกลับเฟสของออปแอมป์ภายในตัว IC MC 1723 ที่ขา 2 และ มีกระแสอีกส่วนหนึ่งได้จากการป้อนกลับจากเอาต์พุตผ่าน VR ซึ่งเป็นตัวปรับแรงดันสูงสุด ส่วนขาอินพุตไม่กลับเฟสคือ ขา 3 ต่อลงกราวด์ แรงดันอ้างอิงสำหรับดีทูเอ IC MC1408L8 ผ่านไฟบวก (V_{ref+}) ได้จากส่วนกำเนิดแรงดันอ้างอิงใน IC MC1723 ด้านไฟลบ (V_{ref-}) ได้จากวงจรแหล่งไฟลบ (-15 V.)

แรงดันไฟตรงจากแหล่งจ่ายภายนอกจะต่อเข้าที่จุด Vin ผ่านทรานซิสเตอร์ผ่านกระแสของ TR 2N3055 มีตัวต้านทาน 0.33 OHM ตัวตัวตรวจวัดกระแสเพื่อควบคุมกระแสที่จะผ่านไปยังตำแหน่งเอาท์พุตที่จุด V_{out} ทรานซิสเตอร์ในนี้ก็คือ ตัวที่ทำหน้าที่ขยายกระแสนั่นเองในที่นี้สามารถผ่านกระแสสูงสุดได้ 2 A. ซึ่งหากต้องการให้ได้กระแสมากกว่านั้นก็สามารเปลี่ยนเป็นเบอร์อื่นที่ทนกำลังได้สูงสุดก็ได้

3.3 การใช้งานและวิเคราะห์โครงงาน

ถ้าใช้งานลำพังโดยไม่ได้เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ก็ใช้ดิพสวิตช์ เป็นตัวกำหนดแรงดันเอาท์พุตที่ต้องการค่าของตัวเลขดิจิตอล จะสัมพันธ์กับแรงดัน Output โดยเทียบกับค่าแตกต่างแรงดันของแต่ละขั้น ซึ่งค่าแตกต่างแรงดัน แต่ละขั้น ก็ได้จากแรงดันเอาท์พุต สูงสุดหารด้วย 256 โดยประมาณ เช่นถ้าแรงดันสูงสุด เป็น 25 โวล์ (อินพุต 28.5) ค่าแรงดันแต่ละขั้น เท่ากับ 100 mv.(ประมาณ) หากต้องการปรับแรงดัน Output ไปที่ 15V. ก็ต้องป้อนค่าตัวเลขดิจิตอล เท่ากับ 150 หรือเป็นเลขฐานสอง "10010110" ซึ่งการตั้งดิพสวิตช์นั้น สำหรับวงจรนี้ถ้าเลื่อนไปทาง ON มีค่าเป็น "0" และ "OFF"จะเป็น "1"

ส่วนการเชื่อมต่อกับเครื่องพีซีก็ใช้สายต่อไปทางคอนเนคเตอร์ แล้วก็เริ่มต้นเรียกใช้ไฟล์ V_CTRL.EXE จะปรากฏเมนูมาที่จอภาพของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ แรงดันที่เมนูจะเริ่มต้น 0.0 V ซึ่งเราจะเลือกค่าแรงดันได้ตั้งแต่ 0.0-25.0 V ถ้าเลือกค่าแรงดันมากกว่าหรือน้อยกว่านี้ เครื่องจะเซทเป็น 0.0 V แรงดันที่ต้องการก็ส่งค่าตัวเลขมาที่นรินเตอร์นอร์ต วิธีการคิดก็เช่นเดียวกันกับที่กล่าวไปแล้ว 8255 I/O Port หรือพอร์ตขนาน จะมีหมายเลขพอร์ตอยู่ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

Power Supply ที่ใช้ควบคุมด้วย PC ในปริญญานิพนธ์ สามารถใช้งานได้ดีที่แรงดันตั้งแต่ 0.0 โวลต์ ถึง 25.0 โวลต์ มีความคลาดเคลื่อนประมาณ 3 เปอร์เซนต์ และจ่ายกระแสได้ 1.8 แอมป์ และมีความต้านทาน 0.33 โอห์ม เป็นอุปกรณ์จำกัดกระแส ซึ่งจากการวิเคราะห์ มีความเป็นได้ที่มีสาเหตุมาจากตัว ไอซีที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อกเบอร์ MC 1408L8 และเปอร์เซนต์ความผิดพลาดของอุปกรณ์พาสซีฟต่างๆ ที่ใช้ประกอบในวงจร ซึ่งถ้าหากผู้อ่านมีวงจรที่มีเสถียรภาพที่ดีกว่านี้ หรือมีข้อเสนอแนะต่างๆผู้จัดทำก็ขอน้อมรับไว้ และยินดีจะรับข้อเสนอต่างๆ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อผู้จัดทำ และผลงานให้มีประสิทธิภาพสูงยิ่งๆ ขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. จิติ หนูแก้ว, เทคนิคการเชื่อมต่อ IBM PC ,กรุงเทพฯ, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2535

2. ชัชวาล กุกำจัด, เซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์, เรกูเรเตอร์ เพาเวอร์ซัพพรายควบด้วยพีซี

3. ยืน ภู่วรวรรณ, ทฤฎี และการประยุกต์ไมโครโปรเซสเซอร์ Z-80, กรุงเทพฯ, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2533

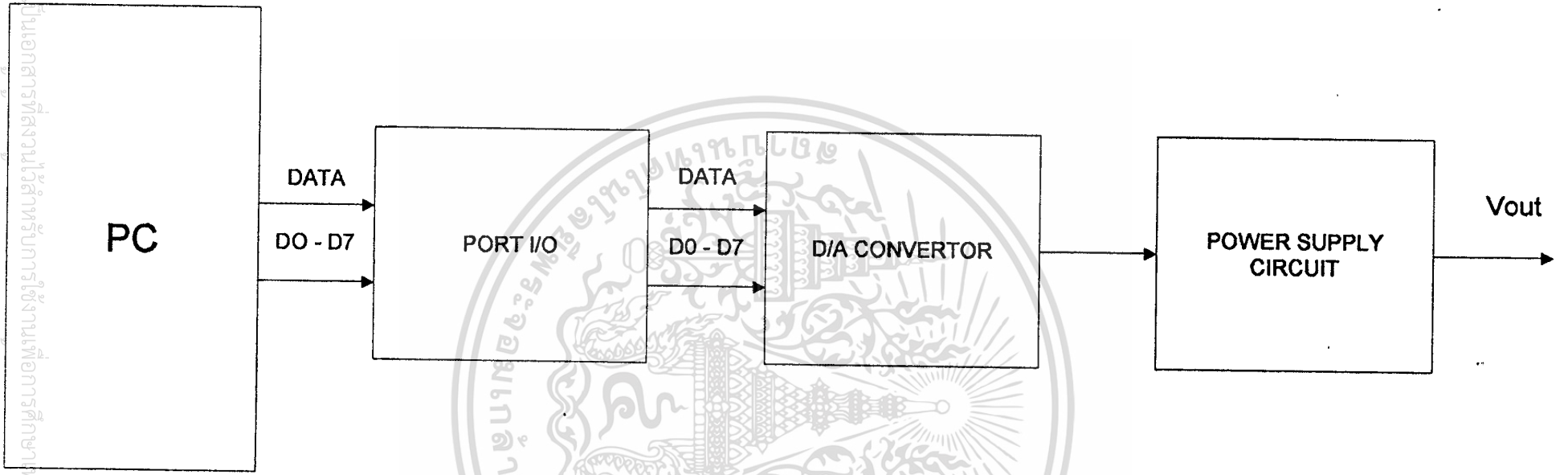
4. ยืน ภู่วรวรรณ, เทคโนโลยีฮาดแวร์ IBM PC, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, กรุงเทพฯ, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, กรุงเทพฯ, 2533

5. บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น, คู่มือไมโครโปรเซอร์ และ ไอซีที่เกี่ยวข้อง, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, กรุงเทพฯ, 2536

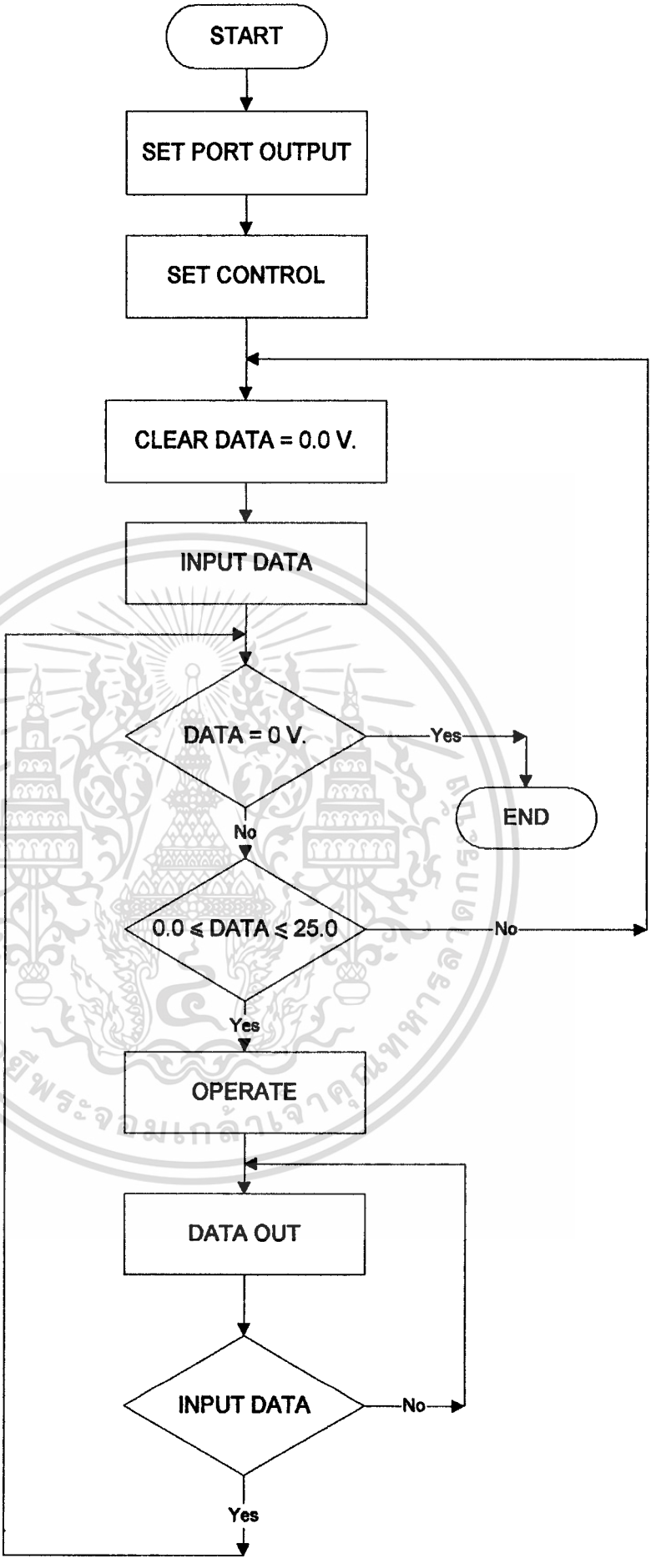
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



BLOCK DIRGRAM



FLOW CHART POWER SUPPLY
CONTROL BY PC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PROGRAM VOLTAGECONTROL;

USES CRT,GRAPH;

CONST PORTA   = $300;
      PORTB   = $301;
      PORTC   = $302;
      PCTRL   = $303;
      OUTPUT  = $80;
      MAXVOLT = 25;
      MAXBYTE = 255;

TYPE STR5 = STRING[5];

VAR I,X,Y,CODE : INTEGER;
    VOLT,V1 : STR5;
    VOLTAGE : REAL;
    VOUT    : BYTE;

 PROCEDURE OPENGRAPH;
 VAR GRAPHDRIVER,GRAPHMODE,ERRORCODE : INTEGER;
     PATHTODRIVER  : STRING;  { STORES THE DOS PATH TO *.BGI & *.CHR }
 BEGIN
   DIRECTVIDEO  := FALSE;
   PATHTODRIVER := '';
   REPEAT
     GRAPHDRIVER := DETECT;                { USE AUTODETECTION     }
     INITGRAPH(GRAPHDRIVER, GRAPHMODE, PATHTODRIVER);
     ERRORCODE := GRAPHRESULT;             { PRESERVE ERROR RETURN }
     IF ERRORCODE <> GROK THEN             { ERROR ?               }
     BEGIN
       WRITELN('GRAPHICS ERROR: ', GRAPHERRORMSG(ERRORCODE));
       IF ERRORCODE = GRFILENOTFOUND THEN  { CAN'T FIND DRIVER FILE }
       BEGIN
         WRITE('ENTER PATH TO BGI DRIVER OR TYPE <CTRL-BREAK> TO QUIT :');
         READLN(PATHTODRIVER);
         WRITELN
       END
       ELSE
         HALT(1)                    { SOME OTHER ERROR : TERMINATE }
     END;
   UNTIL ERRORCODE = GROK




END;

PROCEDURE CLRWINDOW(X1,Y1,X2,Y2 : INTEGER);
BEGIN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  SETVIEWPORT(x1,y1,x2,y2,CLIPON);
  CLEARVIEWPORT;
  SETVIEWPORT(0,0,639,479,CLIPON)
END;

PROCEDURE TEXTSHOW(FONT,SIZE : WORD; MODE : CHAR; COLOR:INTEGER);
BEGIN
  SETCOLOR(COLOR);
  CASE MODE OF
     'V','v' : SETTEXTSTYLE (FONT, VERTDIR, SIZE);

     'H','h' : SETTEXTSTYLE (FONT, HORIZDIR, SIZE);
  END;
END;

PROCEDURE BEEPSOUND (FREQ,BEEPTIME,LOOP : WORD);
VAR I : INTEGER;
BEGIN
  FOR I := 1 TO LOOP DO
  BEGIN
     SOUND(FREQ*I);
     DELAY(BEEPTIME);
  END;
  NOSOUND;
END;

PROCEDURE POWERSUPPLY;
VAR x1,x2,y1,y2 : INTEGER;
    VMAX : STRING;
BEGIN
  y1 := 100;
  y2 := 350;
  x1 := 100;
  x2 := 500;
  SETCOLOR(WHITE);
  SETFILLSTYLE(1,15);
  BAR3D(x1,y1,x2,y2,50,TOPON);
  SETCOLOR(BLACK);
  SETFILLSTYLE(1,DARKGRAY);
  BAR3D(x1+90,y1+45,x2-90,y2-105,1,TOPON);
  FOR I := 0 TO 5 DO
  BEGIN
     SETCOLOR(BLACK);
     SETFILLSTYLE(1,DARKGRAY);
     PIESLICE(x1+120-I,y2-50+I,0,75,16);




     PIESLICE(x1+120-I,y2-50+I,0,360,16);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      SetColor(Red);
      SetFillStyle(1,LightRed);
      PieSlice(x1+55-I,y2-50+I,0,75,16);
      PieSlice(x1+55-I,y2-50+I,0,360,16);
    End;
    For I := 1 to 8 do

    Begin
      SetColor(Black);
      Circle(x1+115,y2-45,I);
      SetColor(Red);
      Circle(x1+50,y2-45,I);
    End;
    TextShow (1,3,'H',Black);
    OutTextxy (140,105,'K M I T L - POWER SUPPLY');
    TextShow (1,1,'H',Black);
    Str(maxvolt,vmax);
    OutTextxy (x1+140,y2-95, '0 - '+vmax+' Volts');
    TextShow (1,1,'H',Black);
    OutTextxy (x1+45,y2-30, '+      -');
    TextShow (1,1,'H',Black);
    OutTextxy (432,250,'ON');
End;

Procedure ClearSw;
Begin
  ClrWindow(425,275,465,325);
  SetFillStyle(1,Black);
  SetColor(DarkGray);
  Bar3D(425,275,465,325,1,TopOn);
  SetColor(LightGray);
End;

Procedure PowerOff;
Var I,x1,x2,y1,y2 : integer;
Begin
  x1 := 430;
  x2 := 460;
  y1 := 280;
  y2 := 320;
  ClearSw;
  Rectangle(x1,y1+20,x2-1,y2);




  Line(x1+1,y1,x2,y1);
  Line(x2,y1,x2,y2);
  Line(x1,y2,x2,y2);
  Line(x1,y1+20,x1-5,y1+8);
  Line(x1,y1,x1-5,y1+8);
  Line(x1-5,y1+8,x2-5,y1+8);
  For I := 0 to 20 do
  Begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    LINE(X2-5,Y1+8,X2-1,Y1+I);
  END;
  SETFILLSTYLE(1,BLACK);
  BAR3D(200,155,400,235,1,TOPON);
  SETCOLOR(WHITE);

  LINE(436,295,450,295);
  LINE(435,294,449,294);
  LINE(434,293,448,293);
  DELAY(1000);
END;

PROCEDURE POWERON;
VAR I,J,X1,X2,Y1,Y2 : INTEGER;
BEGIN
  X1 := 430;
  X2 := 460;
  Y1 := 280;
  Y2 := 300;
  BEEPSOUND(1500,50,1);
  CLEARSW;
  RECTANGLE(X1,Y1,X2-1,Y2);
  LINE(X1+1,279,460,279);
  LINE(460,279,460,320);
  LINE(430,320,460,320);
  LINE(430,300,425,312);
  LINE(430,320,425,312);
  LINE(425,312,455,312);
  FOR I := 0 TO 20 DO
  BEGIN
    LINE(X2-5,Y2+12,X2-1,Y2+I);
  END;
  SETCOLOR(LIGHTRED);
  SETFILLSTYLE(1,RED);
  BAR3D(436,285,452,293,1,TOPON);
END;

PROCEDURE DISPLAYVOLT (NUM : STRING);
BEGIN
  SETCOLOR(LIGHTRED);
  SETFILLSTYLE(1,RED);
  BAR3D(200,155,400,235,1,TOPON);
  TEXTSHOW (10,5,'H',WHITE);
  OUTTEXTXY (208,143,NUM);
END;

PROCEDURE DISPLAYTEXT;
BEGIN
  SETCOLOR(YELLOW);
  SETFILLSTYLE(1,GREEN);
  BAR3D(140,420,460,465,3,TOPON);
  TEXTSHOW (7,1,'H',WHITE);
  OUTTEXTXY(160,430,'ENTER 0 TO OFF POWER SUPPLY');
END;
```

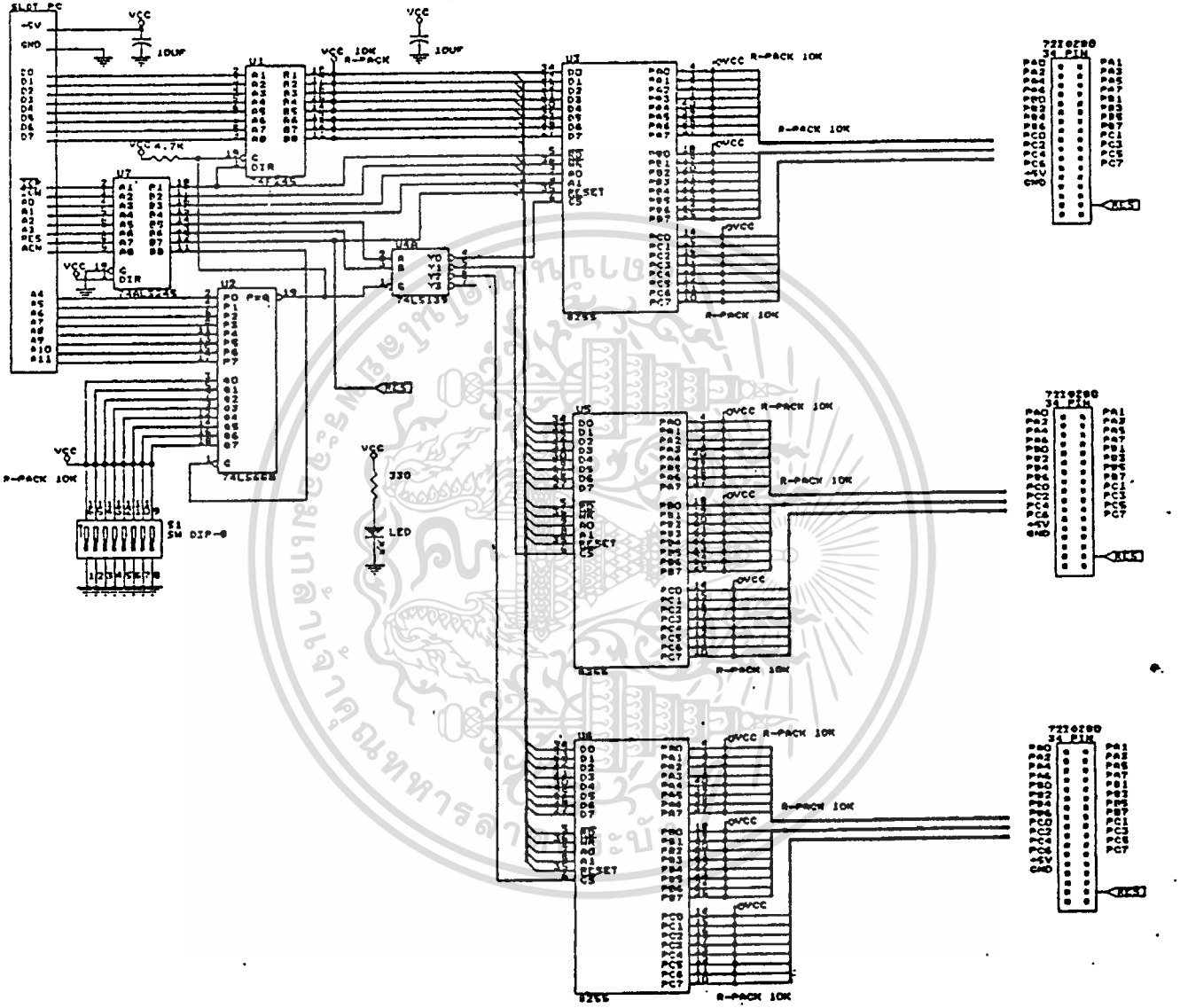
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PROCEDURE PokerDemo;
VAR DTIME,BTIME,FREQ,LOOP : INTEGER;
BEGIN
  DTIME := 200;
  BTIME := 250;
  FREQ  := 100;
  LOOP  := 1;
  DELAY(DTIME);
  TextShow (10,5,'H',YELLOW);
  OutTextXY (208,143,'0');
  BeepSound(FREQ,BTIME,LOOP);
  DELAY(DTIME);
  TextShow (10,5,'H',LightGreen);
  OutTextXY (252,143,'0');
  BeepSound(FREQ,BTIME,LOOP);
  DELAY(DTIME);
  TextShow (10,5,'H',LightBlue);
  OutTextXY (296,143,'.');
  BeepSound(FREQ,BTIME,LOOP);
  DELAY(DTIME);
  TextShow (10,5,'H',LightMagenta);
  OutTextXY (313,143,'0');
  BeepSound(FREQ,BTIME,LOOP);
  DELAY(DTIME);
  TextShow (10,5,'H',LightRed);
  OutTextXY (357,143,'0');
  BeepSound(FREQ,BTIME,LOOP);
  DELAY(DTIME);
END;

PROCEDURE GetVolt(X,Y : INTEGER; VAR ST : STR5);
VAR CH   : CHAR;
    LOOP : BOOLEAN;
BEGIN
   SETVIEWPORT(140,370,460,410,CLIPON);
   CLEARVIEWPORT;
   SETCOLOR(GREEN);
   RECTANGLE(0,0,319,30);
   TEXTSHOW(2,6,'H',LightGreen);
   OUTTEXTXY(20,5,'Enter Voltage : ');
   SETVIEWPORT(320,375,440,395,CLIPON);
   ST := '';
   LOOP := TRUE;
   WHILE LOOP DO
   BEGIN
      TEXTSHOW(2,6,'H',YELLOW);
      OUTTEXTXY(X,Y,ST+'_');
      CH := READKEY;
      IF CH <> #0 THEN
      BEGIN
         CASE CH OF
            #8 : IF ORD(ST[0]) > 0 THEN
                    ST := COPY(ST,1,ORD(ST[0])-1);
            #13 : LOOP := FALSE;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

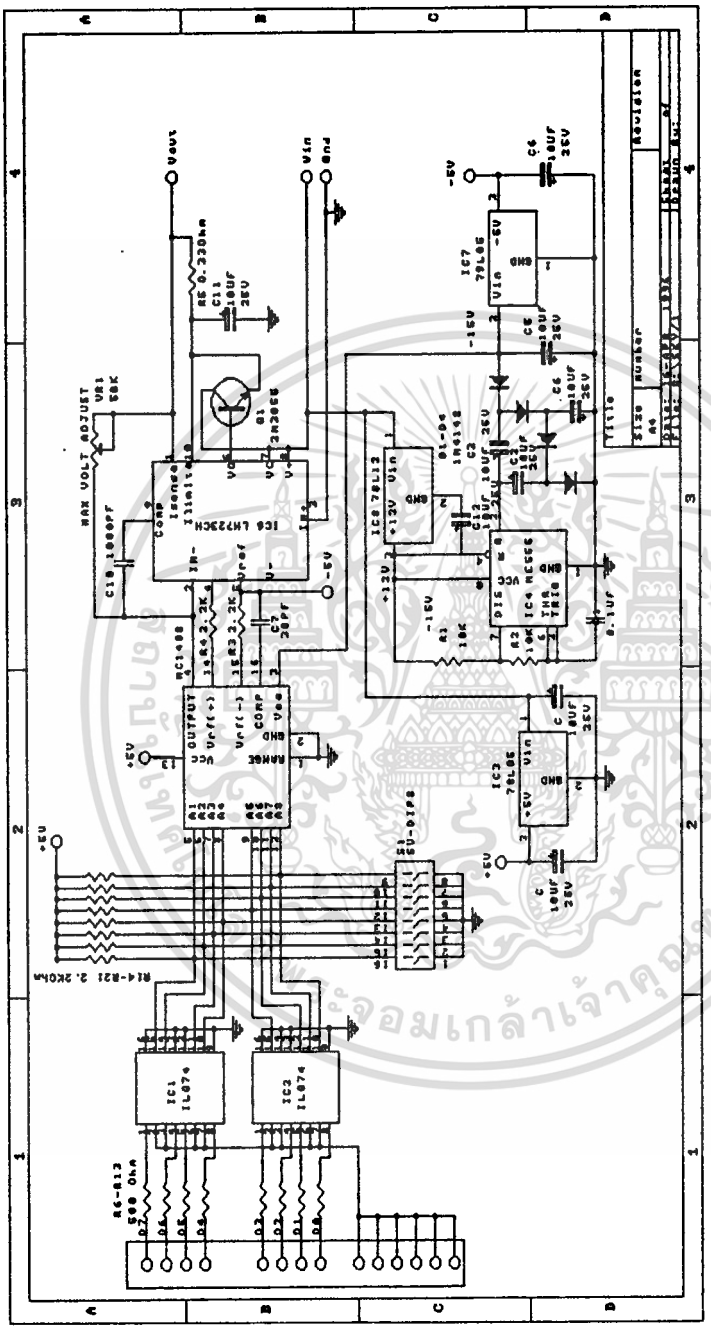
```
            ELSE ST := ST+CH;

            END;
         END
         ELSE CH := READKEY;
         CLEARVIEWPORT;
      END;
      LOOP := TRUE;
      SETVIEWPORT(0,0,639,479,CLIPON);
   END;

   PROCEDURE SETVOLT(NUMBER : REAL; VAR VSTR : STR5);
   BEGIN
      IF TRUNC(NUMBER) > 9 THEN
         STR(NUMBER:2:2,VSTR)
      ELSE
      BEGIN
         STR(NUMBER:1:2,VSTR);
         VSTR := '0'+VSTR;
      END;
   END;

BEGIN
   VOLTAGE := 0.00;
   OPENGRAPH;
   POWERSUPPLY;
   POWEROFF;
   POWERON;
   POWERDEMO;
   DISPLAYTEXT;
   REPEAT
      SETVOLT(VOLTAGE,VOLT);
      DISPLAYVOLT(VOLT);
      REPEAT
         GETVOLT(0,2,VOLT);
         VAL(VOLT,VOLTAGE,CODE);
         IF (VOLTAGE<0) OR (VOLTAGE>25.0) THEN
            VOLTAGE := 0;
      UNTIL (VOLTAGE>=0) AND (VOLTAGE<=25.0);
      IF (VOLTAGE = 0) AND (VOLT <> '0') THEN
         BEEPSOUND(1200,80,2)
      ELSE
         IF VOLT = '0' THEN
            BEEPSOUND(1500,50,1)
         ELSE
            BEEPSOUND(110,100,1);
      VOUT := (MAXBYTE)-ROUND(VOLTAGE*MAXBYTE/MAXVOLT);
      {STR(VOUT,V1);
      OUTTEXT(V1);}
      PORT[PCTRL] := OUTPUT;
      PORT[PORTA] := VOUT;
      {PORT[PORTB] := $20;}
   UNTIL VOLT = '0';
   POWEROFF;
   CLRWINDOW(0,0,639,479);
   CLOSEGRAPH;
END.
```

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

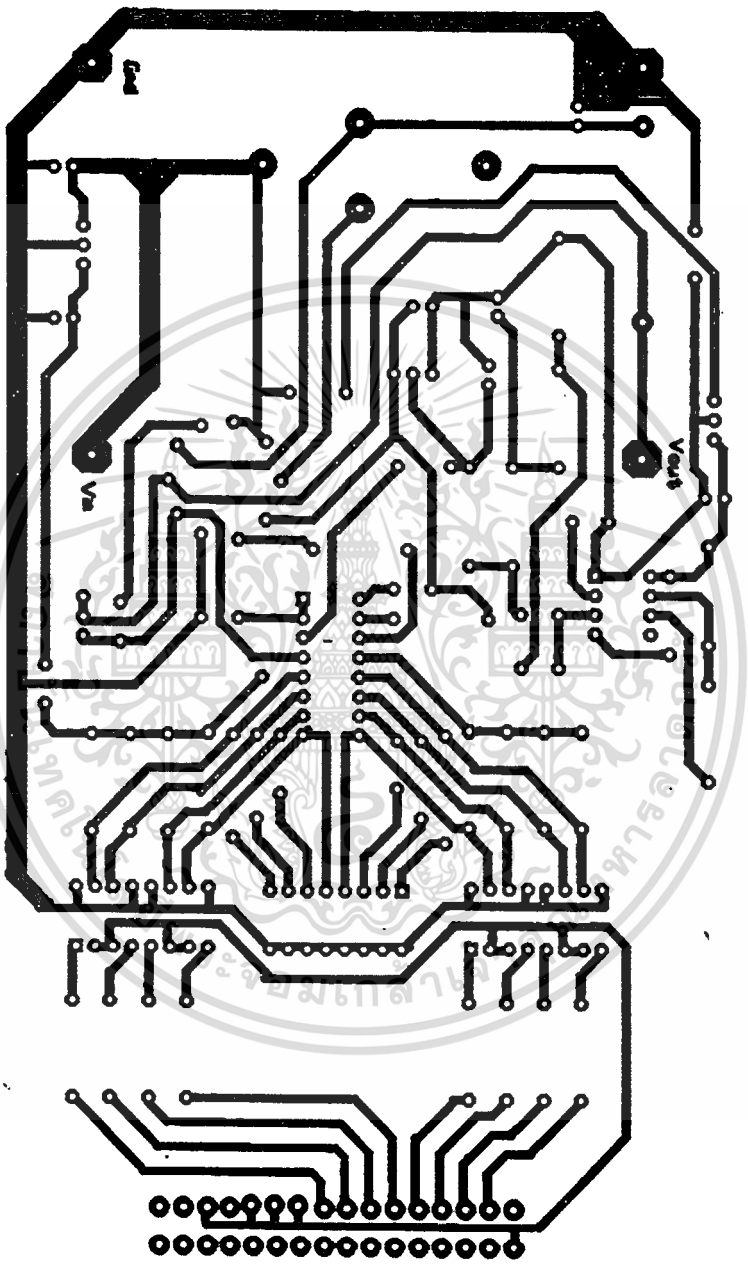


INTERFACE 8255 I/O PORT CIRCUIT

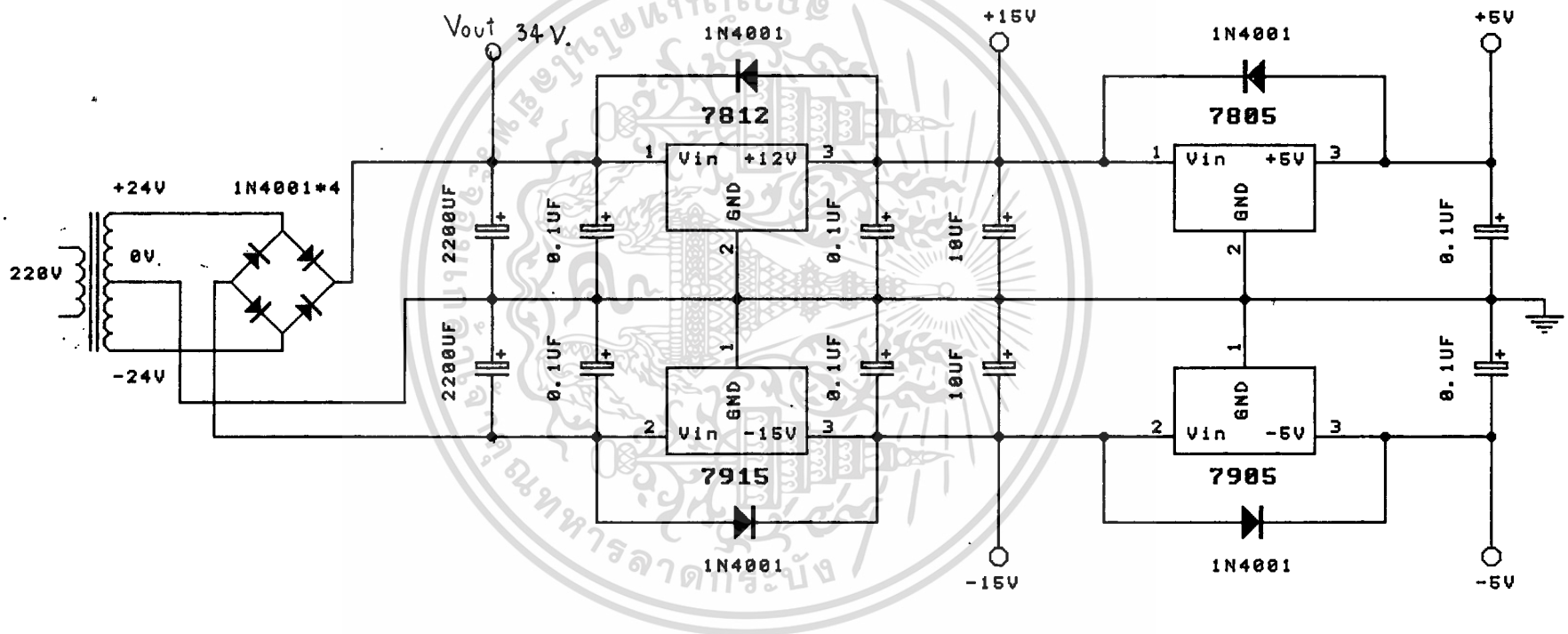
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ห้ามนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ห้ามดัดแปลง ดัดแปลงเนื้อหา ห้ามนำไปเผยแพร่ต่อ

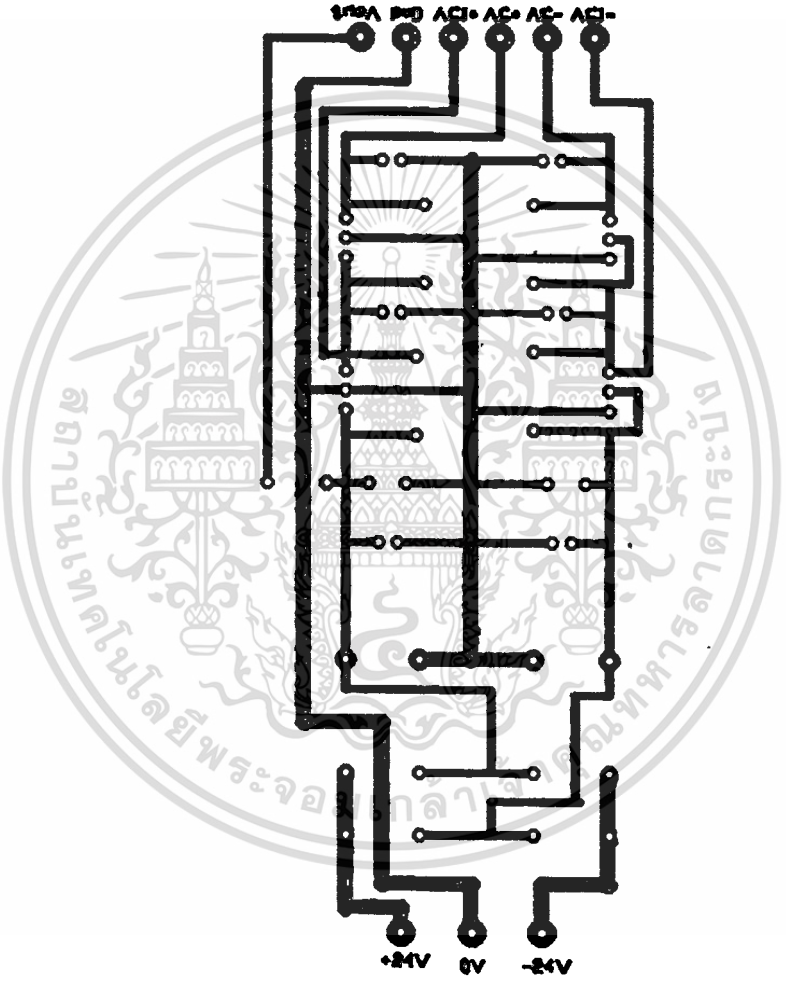


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


Vout 34 V.
+24V
1N4001*4
220V
0V.
-24V
2200UF
2200UF
0.1UF
0.1UF
1N4001
7812
Vin +12V
GND
0.1UF
10UF
+15V
-15V
2
1
Vin -15V
GND
7915
0.1UF
10UF
1N4001
1N4001
7805
Vin +5V
GND
0.1UF
+5V
2
1
Vin -5V
GND
7905
0.1UF
1N4001
-5V



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOTOROLA

MC1408
MC1508

Specifications and Applications Information

EIGHT-BIT MULTIPLYING DIGITAL-TO ANALOG CONVERTER

designed for use where the output current is a linear product of an eight bit digital word and an analog input voltage.

- Eight Bit Accuracy Available in Both Temperature Ranges
  Relative Accuracy: ±0.19% Error maximum
  (MC1408L8, MC1408P8, MC1508L8)
- Seven and Six-Bit Accuracy Available with MC1408 Designated by 7 or 6 Suffix after Package Suffix
- Fast Settling Time – 300 ns typical
- Noninverting Digital Inputs are MTTL and CMOS Compatible
- Output Voltage Swing +0.4 V to -5.0 V
- High Speed Multiplying Input
  Slew Rate 4.0 mA/μs
- Standard Supply Voltages: +5.0 V and -5.0 V to -15 V

EIGHT-BIT MULTIPLYING DIGITAL-TO-ANALOG CONVERTER

SILICON MONOLITHIC INTEGRATED CIRCUIT

L SUFFIX
CERAMIC PACKAGE
CASE 620-02

P SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 648-05

D SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 751B-01
SO-16*

*Surface Mount pin-out is different than standard package pin-out for this device. Please refer to Chapter 7 for details.

FIGURE 1 – D-to-A TRANSFER CHARACTERISTICS

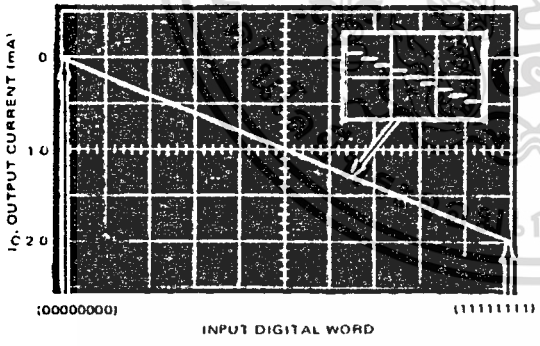
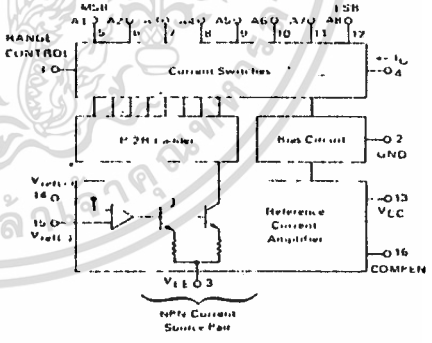


FIGURE 2 – BLOCK DIAGRAM



TYPICAL APPLICATIONS

- Tracking A-to D Converters
- Successive Approximation A-to D Converters
- 2 1/2 Digit Panel Meters and DVM's
- Waveform Synthesis
- Sample and Hold
- Peak Detector
- Programmable Gain and Attenuation
- CRT Character Generation
- Audio Digitizing and Decoding
- Programmable Power Supplies
- Analog-Digital Multiplication
- Digital-Digital Multiplication
- Analog-Digital Division
- Digital Addition and Subtraction
- Speech Compression and Expansion
- Stepping Motor Drive

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAXIMUM RATINGS (T_A = +25°C unless otherwise noted.)

Rating	Symbol	Value	Unit
Power Supply Voltage	V_{CC} V_{EE}	+5.5 -16.5	Vdc
Digital Input Voltage	V_5 thru V_{12}	0 to +5.5	Vdc
Applied Output Voltage	V_O	+0.5, -5.2	Vdc
Reference Current	I_{14}	5.0	mA
Reference Amplifier Inputs	V_{14}, V_{15}	V_{CC}, V_{EE}	Vdc
Operating Temperature Range MC1508 MC1408 Series	T_A	 -55 to +125 0 to +75	°C
Storage Temperature Range	T_{stg}	-65 to +150	°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{CC} = +5.0 Vdc, V_{EE} = -15 Vdc, $\frac{V_{ref}}{R14}$ = 2.0 mA, MC1508L8 T_A = -55°C to +125°C, MC1408L Series: T_A = 0 to +75°C unless otherwise noted. All digital inputs at high logic level.)

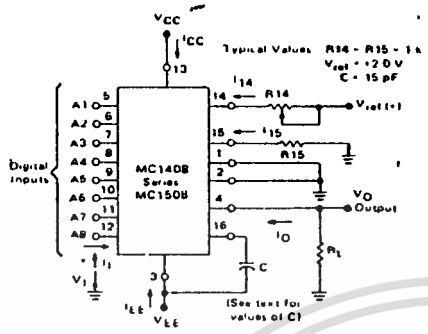
Characteristic	Figure	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Relative Accuracy (Error relative to full scale I_O) MC1508L8, MC1408L8, MC1408P8 MC1408P7, MC1408L7, See Note 1 MC1408P6, MC1408L6, See Note 1	4	E_r	 – –	 – –	 ±0.19 ±0.39 ±0.78	%
Settling Time to within ±1/2 LSB (includes t_{PLH}) (T_A = +25°C) See Note 2	5	t_S		300		ns
Propagation Delay Time T_A = +25°C	5	t_{PLH}, t_{PHL}	–	30	100	ns
Output Full Scale Current Drift		TCI_O	–	-20	–	PPM/°C
Digital Input Logic Levels (MSB) High Level, Logic "1" Low Level, Logic "0"	3	 V_{IH} V_{IL}	 2.0 –	 – –	 – 0.8	Vdc
Digital Input Current (MSB) High Level, V_{IH} = 5.0 V Low Level, V_{IL} = 0.8 V	3	 I_{IH} I_{IL}	 	 0 -0.4	 0.04 -0.8	mA
Reference Input Bias Current (Pin 15)	3	I_{15}	–	-1.0	-5.0	μA
Output Current Range V_{EE} = -5.0 V V_{EE} = -15 V, T_A = 25°C	3	I_{OR}	 0 0	 2.0 2.0	 2.1 4.2	mA
Output Current V_{ref} = 2.000 V, R14 = 1000 Ω	3	I_O	 1.9	 1.99	 2.1	mA
Output Current (All bits low)	3	$I_{O(min)}$		0	4.0	μA
Output Voltage Compliance ($E_r \leq$ 0.19% at T_A = +25°C) Pin 1 grounded Pin 1 open, V_{EE} below -10 V	3	V_O	 – –	 – –	 -0.55, +0.4 -5.0, +0.4	Vdc
Reference Current Slew Rate	6	SR I_{ref}	–	4.0	–	mA/μs
Output Current Power Supply Sensitivity		PSRR(–)	–	0.5	2.7	μA/V
Power Supply Current (All bits low)	3	I_{CC} I_{EE}	 –	+13.5 -7.5	+22 -13	mA
Power Supply Voltage Range (T_A = +25°C)	3	V_{CCR} V_{EER}	+4.5 -4.5	+5.0 -15	+5.5 -16.5	Vdc
Power Dissipation All bits low V_{EE} = -5.0 Vdc V_{EE} = -15 Vdc All bits high V_{EE} = -5.0 Vdc V_{EE} = -15 Vdc	3	P_D	 – – – –	 105 190 90 160	 170 305 – –	mW

Note 1. All current switches are tested to guarantee at least 50% of rated output current.
Note 2. All bits switched.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TEST CIRCUITS

FIGURE 3 – NOTATION DEFINITIONS TEST CIRCUIT



V_I and I_I apply to inputs A1 thru A8

The resistor tied to pin 15 is to temperature compensate the bias current and may not be necessary for all applications.

$$I_O = K\left\{\frac{A1}{2} + \frac{A2}{4} + \frac{A3}{8} + \frac{A4}{16} + \frac{A5}{32} + \frac{A6}{64} + \frac{A7}{128} + \frac{A8}{256}\right\}$$

where $K \cong \frac{V_{ref}}{R14}$

and A_N = "1" if A_N is at high level
A_N = "0" if A_N is at low level

FIGURE 4 – RELATIVE ACCURACY TEST CIRCUIT

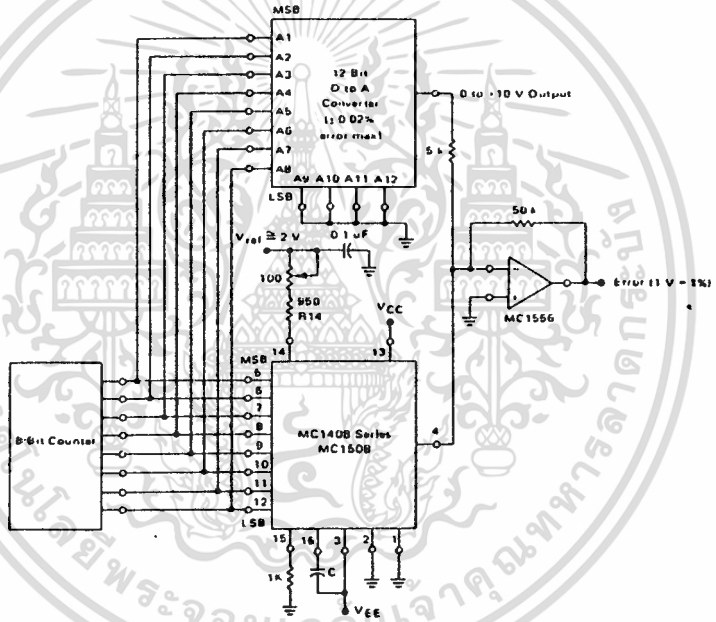
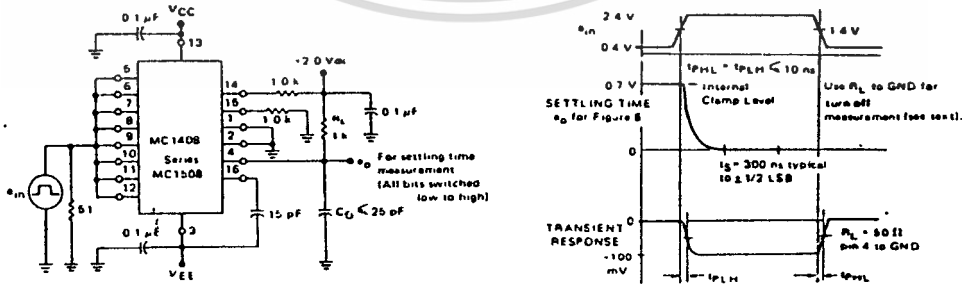


FIGURE 5 – TRANSIENT RESPONSE and SETTLING TIME



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TEST CIRCUITS (continued)

FIGURE 6 – REFERENCE CURRENT SLEW RATE MEASUREMENT

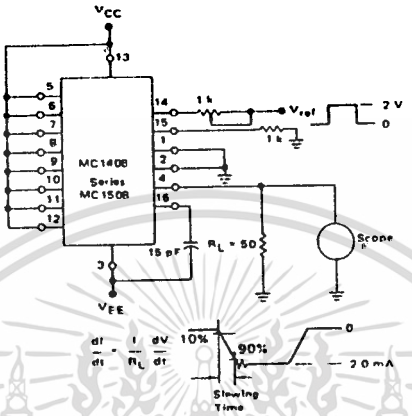


FIGURE 7 – POSITIVE V_{ref}

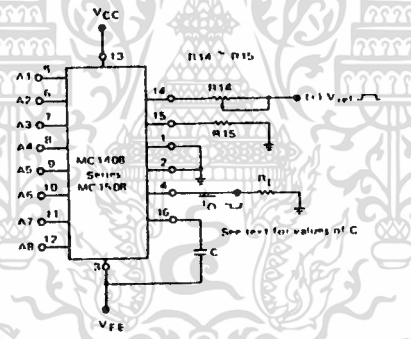
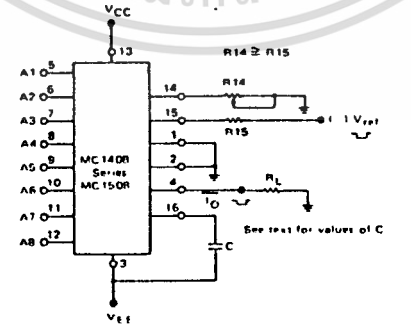
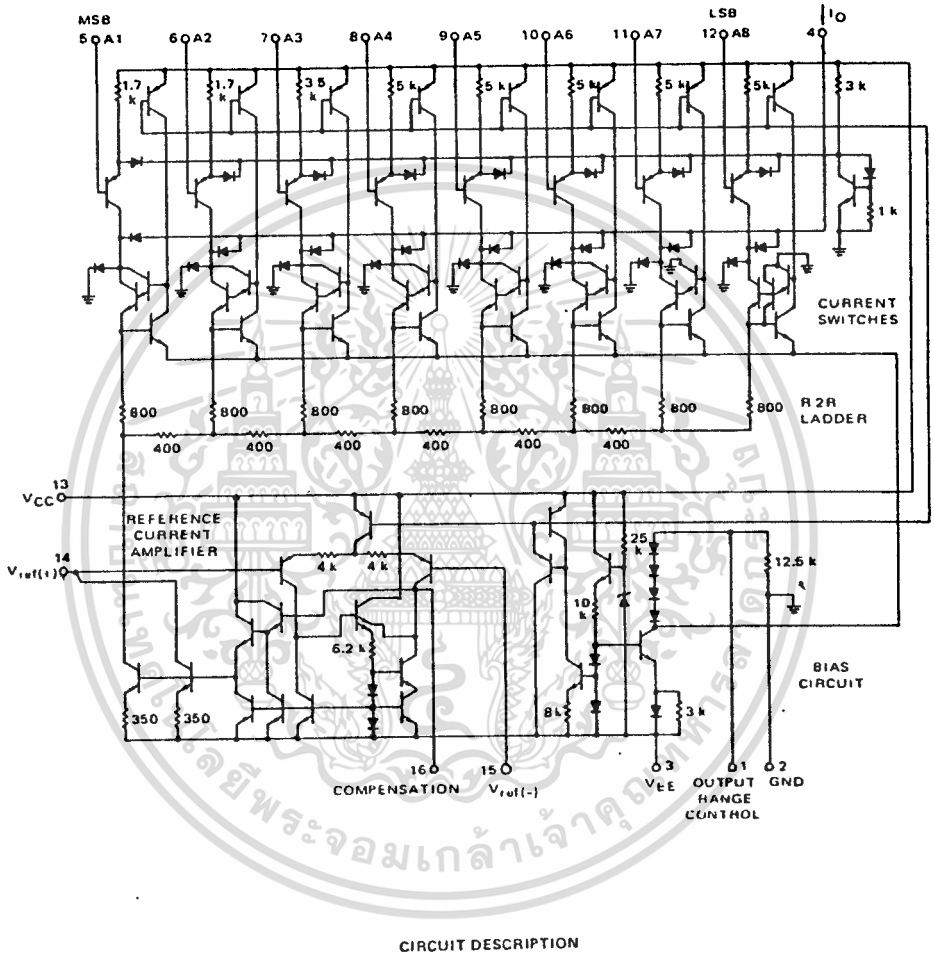


FIGURE 8 – NEGATIVE V_{ref}



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FIGURE 9 – MC1408, MC1508 SERIES EQUIVALENT CIRCUIT SCHEMATIC



CIRCUIT DESCRIPTION

The MC1408 consists of a reference current amplifier, an R-2R ladder, and eight high-speed current switches. For many applications, only a reference resistor and reference voltage need be added.

The switches are noninverting in operation, therefore a high state on the input turns on the specified output current component. The switch uses current steering for high speed, and a termination amplifier consisting of an active load gain stage with unity gain feedback. The termination amplifier holds the parasitic capacitance of the ladder at a constant voltage during switching, and provides a low impedance termination of equal voltage for all legs of the ladder.

The R-2R ladder divides the reference amplifier current into binarily-related components, which are fed to the switches. Note that there is always a remainder current which is equal to the least significant bit. This current is shunted to ground, and the maximum output current is 255/256 of the reference amplifier current, or 1.992 mA for a 2.0 mA reference amplifier current if the NPN current source pair is perfectly matched.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GENERAL INFORMATION

Reference Amplifier Drive and Compensation

The reference amplifier provides a voltage at pin 14 for converting the reference voltage to a current, and a turn around circuit or current mirror for feeding the ladder. The reference amplifier input current, I14, must always flow into pin 14 regardless of the setup method or reference voltage polarity.

Connections for a positive reference voltage are shown in Figure 7. The reference voltage source supplies the full current I14. For bipolar reference signals, as in the multiplying mode, R15 can be tied to a negative voltage corresponding to the minimum input level. It is possible to eliminate R15 with only a small sacrifice in accuracy and temperature drift. Another method for bipolar inputs is shown in Figure 25.

The compensation capacitor value must be increased with increases in R14 to maintain proper phase margin. for R14 values of 1 0, 2.5 and 5.0 kilohms, minimum capacitor values are 15, 37, and 75 pF. The capacitor should be tied to V_{EE} as this increases negative supply rejection.

A negative reference voltage may be used if R14 is grounded and the reference voltage is applied to R15 as shown in Figure 8. A high input impedance is the main advantage of this method. Compensation involves a capacitor to V_{EE} on pin 16, using the values of the previous paragraph. The negative reference voltage must be at least 3.0-volts above the V_{EE} supply. Bipolar input signals may be handled by connecting R14 to a positive reference voltage equal to the peak positive input level at pin 15.

When a dc reference voltage is used, capacitive bypass to ground is recommended. The 5.0-V logic supply is not recommended as a reference voltage. If a well regulated 5.0 V supply which drives logic is to be used as the reference, R14 should be decoupled by connecting it to +5.0 V through another resistor and bypassing the junction of the two resistors with 0.1 μF to ground. For reference voltages greater than 5.0 V, a clamp diode is recommended between pin 14 and ground.

If pin 14 is driven by a high impedance such as a transistor current source, none of the above compensation methods apply and the amplifier must be heavily compensated, decreasing the overall bandwidth.

Output Voltage Range

The voltage on pin 4 is restricted to a range of -0.55 to +0.4 volts at +25°C, due to the current switching methods employed in the MC1408. When a current switch is turned "off", the positive voltage on the output terminal can turn "on" the output diode and increase the output current level. When a current switch is turned "on", the negative output voltage range is restricted. The base of the termination circuit Darlington transistor is one diode voltage below ground when pin 1 is grounded, so a negative voltage below the specified safe level will drive the low current device of the Darlington into saturation, decreasing the output current level.

The negative output voltage compliance of the MC1408 may be extended to -5.0 V volts by opening the circuit at pin 1. The negative supply voltage must be more negative than -10 volts. Using a full scale current of 1.992 mA and load resistor of 2.5 kilohms between pin 4 and ground will yield a voltage output of 256 levels between 0 and -4.980 volts. Floating pin 1 does not affect the converter speed or power dissipation. However, the value of the load resistor determines the switching time due to increased voltage swing. Values of R_L up to 500 ohms do not significantly affect performance, but a 2.5-kilohm load increases "worst case" settling time to 1.2 μs (when all bits are switched on). Refer to the subsequent text section on Settling Time for more details on output loading.

If a power supply value between -5.0 V and -10 V is desired, a voltage of between 0 and -5.0 V may be applied to pin 1. The value of this voltage will be the maximum allowable negative output swing.

Output Current Range

The output current maximum rating of 4.2 mA may be used only for negative supply voltages typically more negative than -8 0 volts, due to the increased voltage drop across the 350-ohm resistors in the reference current amplifier.

Accuracy

Absolute accuracy is the measure of each output current level with respect to its intended value, and is dependent upon relative accuracy and full scale current drift. Relative accuracy is the measure of each output current level as a fraction of the full scale current. The relative accuracy of the MC1408 is essentially constant with temperature due to the excellent temperature tracking of the monolithic resistor ladder. The reference current may drift with temperature, causing a change in the absolute accuracy of output current. However, the MC1408 has a very low full scale current drift with temperature.

The MC1408/MC1508 Series is guaranteed accurate to within ±1/2 LSB at +25°C at a full scale output current of 1.992 mA. This corresponds to a reference amplifier output current drive to the ladder network of 2 0 mA, with the loss of one LSB = 8.0 μA which is the ladder remainder shunted to ground. The input current to pin 14 has a guaranteed value of between 1.9 and 2.1 mA, allowing some mismatch in the NPN current source pair. The accuracy test circuit is shown in Figure 4. The 12-bit converter is calibrated for a full scale output current of 1 992 mA. This is an optional step since the MC1408 accuracy is essentially the same between 1.5 and 2.5 mA. Then the MC1408 circuits' full scale current is trimmed to the same value with R14 so that a zero value appears at the error amplifier output. The counter is activated and the error band may be displayed on an oscilloscope, detected by comparators, or stored in a peak detector.

Two 8-bit D-to-A converters may not be used to construct a 16 bit accurate D-to-A converter. 16 bit accuracy implies a total error of ±1/2 of one part in 65, 536, or ±0.00076%, which is much more accurate than the ±0.19% specification provided by the MC1408x8.

Multiplying Accuracy

The MC1408 may be used in the multiplying mode with eight-bit accuracy when the reference current is varied over a range of 256.1 The major source of error is the bias current of the termination amplifier Under "worst case" conditions, these eight amplifiers can contribute a total of 1.6 μA extra current at the output terminal. If the reference current in the multiplying mode ranges from 16 μA to 4.0 mA, the 1.6 μA contributes an error of 0.1 LSB. This is well within eight-bit accuracy referenced to 4.0 mA.

A monotonic converter is one which supplies an increase in current for each increment in the binary word. Typically, the MC1408 is monotonic for all values of reference current above 0.5 mA. The recommended range for operation with a dc reference current is 0 5 to 4.0 mA.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GENERAL INFORMATION (Continued)

Settling Time

The "worst case" switching condition occurs when all bits are switched "on", which corresponds to a low-to-high transition for all bits. This time is typically 300 ns for settling to within ± 1/2 LSB, for 8 bit accuracy, and 200 ns to 1/2 LSB for 7 and 6-bit accuracy. The turn off is typically under 100 ns. These times apply when $R_L \leq 500$ ohms and $C_O \leq 25$ pF.

The slowest single switch is the least significant bit, which turns "on" and settles in 250 ns and turns "off" in 80 ns. In applications where the D to A converter functions in a positive-going ramp mode, the "worst case" switching condition does not occur, and a settling time of less than 300 ns may be realized. Bit A7 turns "on" in 200 ns and "off" in 80 ns, while bit A6 turns "on" in 150 ns and "off" in 80 ns.

The test circuit of Figure 5 requires a smaller voltage swing for the current switches due to internal voltage clamping in the MC-1408. A 1.0-kilohm load resistor from pin 4 to ground gives a typical settling time of 400 ns. Thus, it is voltage swing and not the output RC time constant that determines settling time for most applications.

Extra care must be taken in board layout since this is usually the dominant factor in satisfactory test results when measuring settling time. Short leads, 100 μF supply bypassing for low frequencies, and minimum scope lead length are all mandatory.

TYPICAL CHARACTERISTICS

(V_{CC} = +5.0 V, V_{EE} = -15 V, T_A = +25°C unless otherwise noted.)

FIGURE 10 – LOGIC INPUT CURRENT versus INPUT VOLTAGE

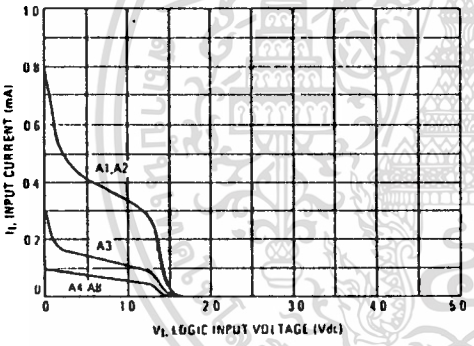


FIGURE 11 – TRANSFER CHARACTERISTIC versus TEMPERATURE
(A5 thru A8 thresholds lie within range for A1 thru A4)

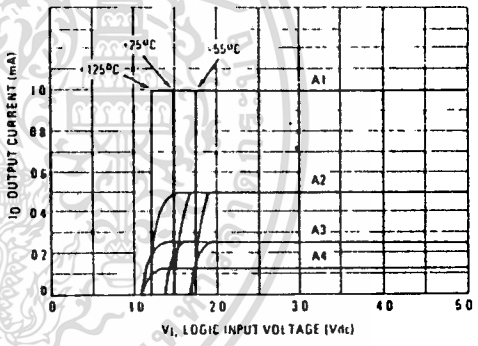


FIGURE 12 – OUTPUT CURRENT versus OUTPUT VOLTAGE
(See text for pin 1 restrictions)

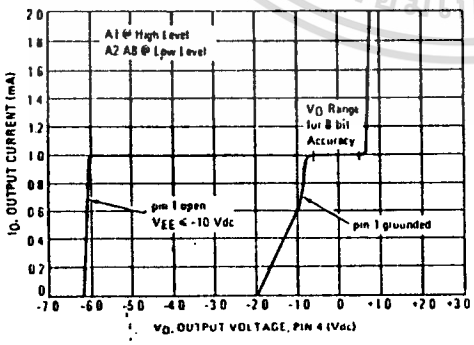
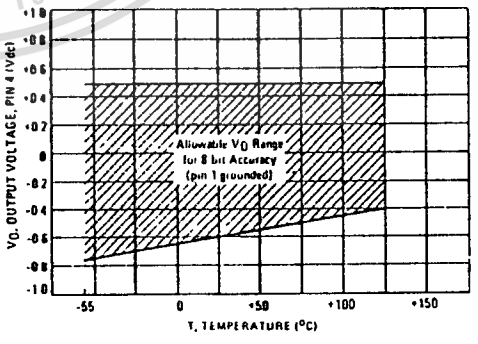


FIGURE 13 – OUTPUT VOLTAGE versus TEMPERATURE
(Negative range with pin 1 open is -5.0 Vdc over full temperature range)

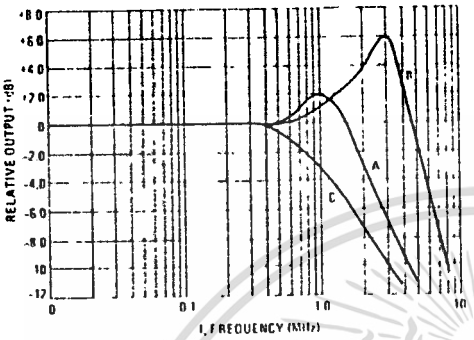


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V_{CC} = +5.0 V, V_{EE} = -15 V, T_A = +25°C unless otherwise noted.)

FIGURE 14 – REFERENCE INPUT FREQUENCY RESPONSE



Unless otherwise specified:
R14, R15 = 1.0 kΩ
C = 15 pF, pin 15 to V_{EE}
R_L = 50 Ω, pin 4 to GND

Curve A: Large Signal Bandwidth
Method of Figure 7
V_{ref} = 7.0 V(p-p) offset 1.0 V above GND

Curve B: Small Signal Bandwidth
Method of Figure 7, R_L = 250 Ω
V_{ref} = 50 mV(p-p) offset 200 mV above GND

Curve C: Large and Small Signal Bandwidth
Method of Figure 25 (no op amp), R_L = 50 Ω
R_S = 50 Ω
V_{ref} = 7.0 V
V_S = 100 mV(p-p) centered at 0 V

FIGURE 15 – TYPICAL POWER SUPPLY CURRENT versus TEMPERATURE (all bits low)

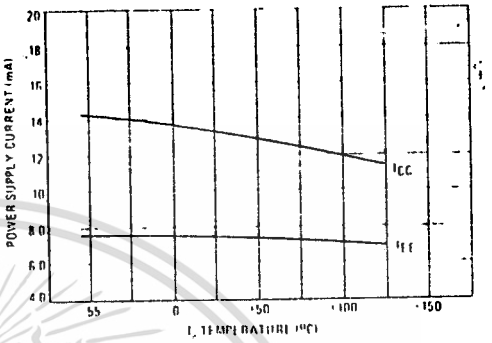
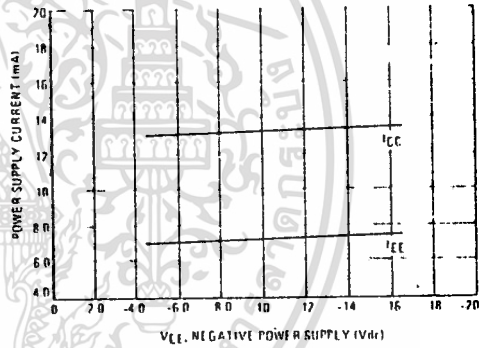
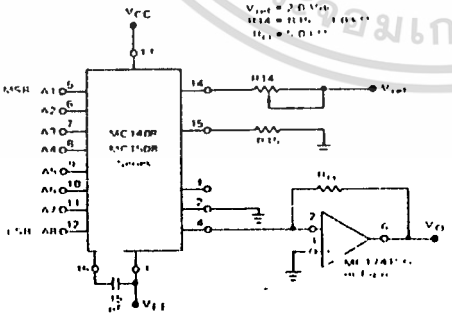


FIGURE 16 – TYPICAL POWER SUPPLY CURRENT versus V_{EE} (all bits low)



APPLICATIONS INFORMATION

FIGURE 17 – OUTPUT CURRENT TO VOLTAGE CONVERSION



$$V_O = \frac{V_{ref}}{R14}\left[\frac{A1}{2} + \frac{A2}{4} + \frac{A3}{8} + \frac{A4}{16} + \frac{A5}{32} + \frac{A6}{64} + \frac{A7}{128} + \frac{A8}{256}\right]$$

Adjust V_{ref}, R14 or R_O so that V_O with all digital inputs at high level is equal to 9.961 volts.

$$V_O = \frac{2\ V}{1\ k\Omega}(1\ k\Omega)\left[\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} + \frac{1}{32} + \frac{1}{64} + \frac{1}{128} + \frac{1}{256}\right]$$

$$= 10\ V\left[\frac{255}{256}\right] = 9.961\ V$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

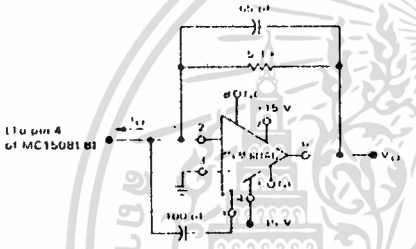
APPLICATIONS INFORMATION (continued)

Voltage outputs of a larger magnitude are obtainable with this circuit which uses an external operational amplifier as a current to voltage converter. This configuration automatically keeps the output of the MC1408 at ground potential and the operational amplifier can generate a positive voltage limited only by its positive supply voltage. Frequency response and settling time are primarily determined by the characteristics of the operational amplifier. In addition, the operational amplifier must be compensated for unity gain, and in some cases overcompensation may be desirable.

Note that this configuration results in a positive output voltage only, the magnitude of which is dependent on the digital input.

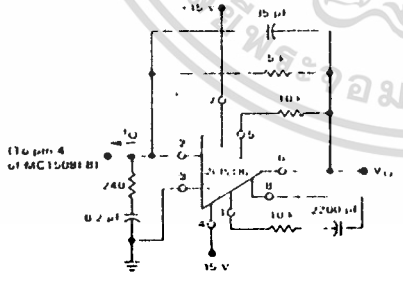
The following circuit shows how the MLM301AG can be used in a feedforward mode resulting in a full scale settling time on the order of 2.0 μs.

FIGURE 18



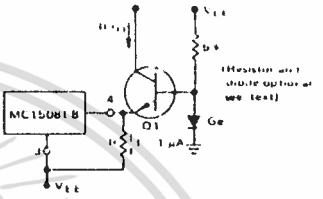
An alternative method is to use the MC1539G and input compensation. Response of this circuit is also on the order of 2.0 μs. See Motorola Application Note AN 459 for more details on this concept.

FIGURE 19



The positive voltage range may be extended by cascading the output with a high beta common base transistor, Q1, as shown.

FIGURE 20 – EXTENDING POSITIVE VOLTAGE RANGE



The output voltage range for this circuit is 0 volts to BV_{CBO} of the transistor. If pin 1 is left open, the transistor base may be grounded, eliminating both the resistor and the diode. Variations in beta must be considered for wide temperature range applications. An inverted output waveform may be obtained by using a load resistor from a positive reference voltage to the collector of the transistor. Also, high speed operation is possible with a large output voltage swing, because pin 4 is held at a constant voltage. The resistor (R) to V_{EE} maintains the transistor emitter voltage when all bits are "off" and insures fast turn on of the least significant bit.

Combined Output Amplifier and Voltage Reference

For many of its applications the MC1408 requires a reference voltage and an operational amplifier. Normally the operational amplifier is used as a current to voltage converter and its output need only go positive. With the popular MC1723G voltage regulator both of these functions are provided in a single package with the added bonus of up to 150 mA of output current. See Figure 21. The MC1723G uses both a positive and negative power supply. The reference voltage of the MC1723G is then developed with respect to the negative voltage and appears as a common mode signal to the reference amplifier in the D to A converter. This allows use of its output amplifier as a classic current to voltage converter with the non inverting input grounded.

Since +15 V and +5.0 V are normally available in a combination digital to analog system, only the 5.0 V need be developed. A resistor divider is sufficiently accurate since the allowable range on pin 5 is from 2.0 to 8.0 volts. The 5.0 kilohm pulldown resistor on the amplifier output is necessary for fast negative transitions.

Full scale output may be increased to as much as 32 volts by increasing R_O and raising the +15 V supply voltage to 35 V maximum. The resistor divider should be altered to comply with the maximum limit of 40 volts across the MC1723G. C_O may be decreased to maintain the same R_OC_O product if maximum speed is desired.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATIONS INFORMATION (continued)

Programmable Power Supply

The circuit of Figure 21 can be used as a digitally programmed power supply by the addition of thumbwheel switches and a BCD to binary converter. The output voltage can be scaled in several ways, including 0 to +25.5 volts in 0.1 volt increments, +0.05 volt, or 0 to 5.1 volts in 20 mV increments, +10 mV.

FIGURE 21 – COMBINED OUTPUT AMPLIFIER and VOLTAGE REFERENCE CIRCUIT

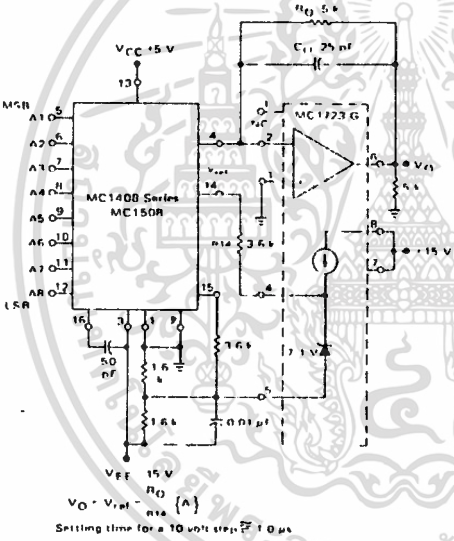


FIGURE 22 – BIPOLAR OR NEGATIVE OUTPUT VOLTAGE CIRCUIT

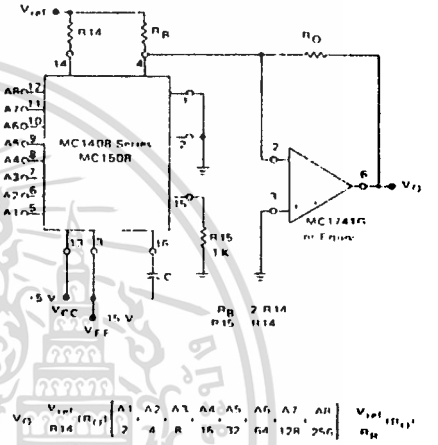
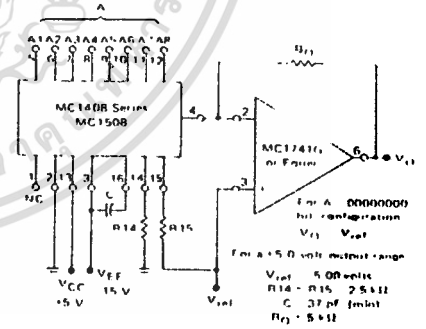


FIGURE 23 – BIPOLAR OR INVERTED NEGATIVE OUTPUT VOLTAGE CIRCUIT



Bipolar or Negative Output Voltage

The circuit of Figure 22 is a variation from the standard voltage output circuit and will produce bipolar output signals. A positive current may be sourced into the summing node to offset the output voltage in the negative direction. For example, if approximately 1.0 mA is used a bipolar output signal results which may be described as a 8 bit "1's" complement offset binary. V_{ref} may be used as this auxiliary reference. Note that R_O has been doubled to 10 kilohms because of the anticipated 20 $V_{(p-p)}$ output range.

Decrease R_O to 2.5 kΩ for a 0 to -5.0 volt output range. This application provides somewhat lower speed, as previously discussed in the Output Voltage Range section of the General Information.

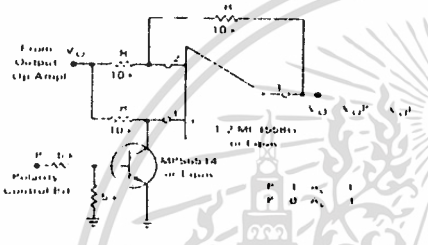
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATIONS INFORMATION (continued)

Polarity Switching Circuit, 8 Bit Magnitude Plus Sign D to A Converter

Bipolar outputs may also be obtained by using a polarity switching circuit. The circuit of Figure 24 gives 8 bit magnitude plus a sign bit. In this configuration the operational amplifier is switched between a gain of +1.0 and -1.0. Although another operational amplifier is required, no more space is taken when a dual operational amplifier such as the MC1558G is used. The transistor should be selected for a very low saturation voltage and resistance.

FIGURE 24 – POLARITY SWITCHING CIRCUIT
(8 Bit Magnitude Plus Sign D to A Converter)



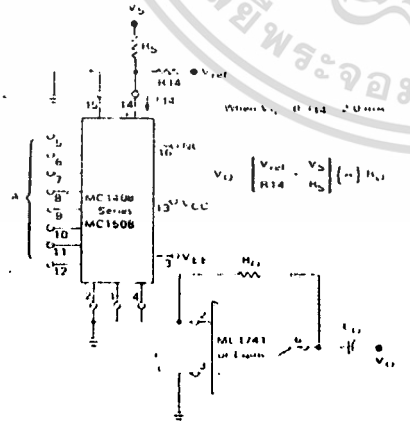
Programmable Gain Amplifier or Digital Attenuator

When used in the multiplying mode the MC1408 can be applied as a digital attenuator. See Figure 25. One advantage of this technique is that if R_S = 50 ohms, no compensation capacitor is needed. The small and large signal bandwidths are now identical and are shown in Figure 14.

The fast frequency response is obtained by not allowing I_{14} to reach zero. However, the high impedance node, pin 16, is clamped to prevent saturation and insure fast recovery when the current through R14 goes to zero. R_S can be set for a ±1.0 mA variation in relation to I_{14}. I_{14} can never be negative.

The output current is always unipolar. The quiescent dc output current level changes with the digital word which makes ac coupling necessary.

FIGURE 25 – PROGRAMMABLE GAIN AMPLIFIER OR DIGITAL ATTENUATOR CIRCUIT



Panel Meter Readout

The MC1408 can be used to read out the status of BCD or binary registers or counters in a digital control system. The current output can be used to drive directly an analog panel meter. External meter shunts may be necessary if a meter of less than 2.0 mA full scale is used. Full scale calibration can be done by adjusting R14 or V_{ref}.

FIGURE 26 – PANEL METER READOUT CIRCUIT

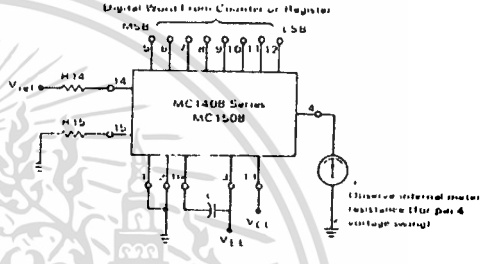
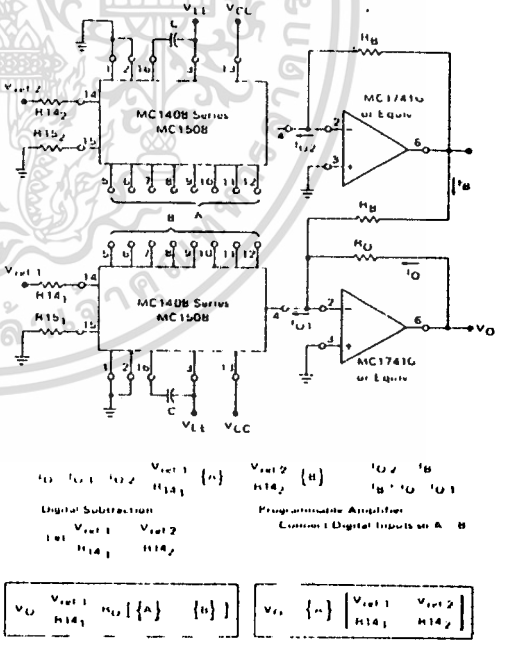


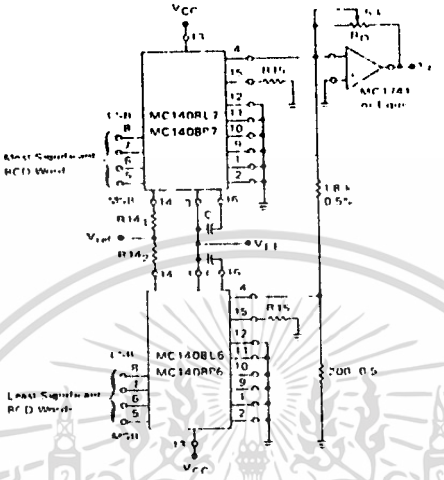
FIGURE 27 – DC COUPLED DIGITAL ATTENUATOR and DIGITAL SUBTRACTION



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

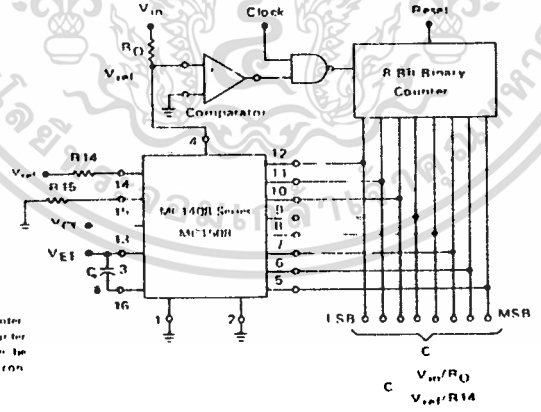
APPLICATIONS INFORMATION (continued)

FIGURE 36 – TWO DIGIT BCD CONVERSION



Two 8 bit, D to A converters can be used to build a two digit BCD D to A or A to D converter. If both outputs feed the virtual ground of an operational amplifier, 10:1 current scaling can be achieved with a resistive current divider. If current output is desired, the units may be operated at full scale current levels of 4.0 mA and 0.4 mA with the outputs connected to sum the currents. The error of the D to A converter handling the least significant bits will be scaled down by a factor of ten and thus an MC1408L6 may be used for the least significant word.

FIGURE 37 – DIGITAL QUOTIENT OF TWO ANALOG VARIABLES or ANALOG TO-DIGITAL CONVERSION



The circuit shown is a simple counter ramp converter. An UP/DOWN counter and dual threshold comparator can be used to provide faster operation and continuous conversion.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ORDERING INFORMATION

Device	Alternate	Temperature Range	Package
MC1723CD		0°C to +70°C	SO-14
MC1723CG	LM723CH, μA723HC	0°C to +70°C	Metal Can
MC1723CL	LM723CJ, μA723DC	0°C to +70°C	Ceramic DIP
MC1723CP	LM723CN, μA723PC	0°C to +70°C	Plastic DIP
MC1723G		−55°C to +125°C	Metal Can
MC1723L		−55°C to +125°C	Ceramic DIP

MC1723
MC1723C

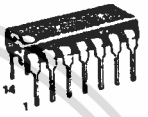
VOLTAGE REGULATOR

The MC1723 is a positive or negative voltage regulator designed to deliver load current to 150 mAdc. Output current capability can be increased to several amperes through use of one or more external pass transistors. MC1723 is specified for operation over the military temperature range (−55°C to +125°C) and the MC1723C over the commercial temperature range (0 to +70°C)

- Output Voltage Adjustable from 2 Vdc to 37 Vdc
- Output Current to 150 mAdc Without External Pass Transistors
- 0.01% Line and 0.03% Load Regulation
- Adjustable Short-Circuit Protection

VOLTAGE REGULATOR

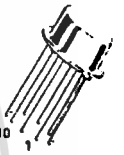
SILICON MONOLITHIC
INTEGRATED CIRCUIT



P SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 646-06

(Bottom View)

G SUFFIX
METAL PACKAGE
CASE 603-04



L SUFFIX
CERAMIC PACKAGE
CASE 632-08

D SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 751A-02
SO-14

FIGURE 1 – CIRCUIT SCHEMATIC

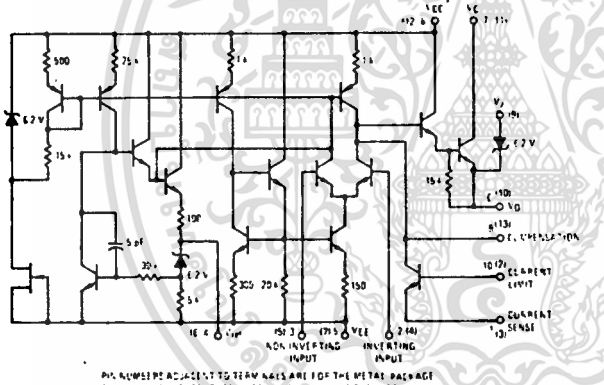


FIGURE 2 – TYPICAL CIRCUIT CONNECTION

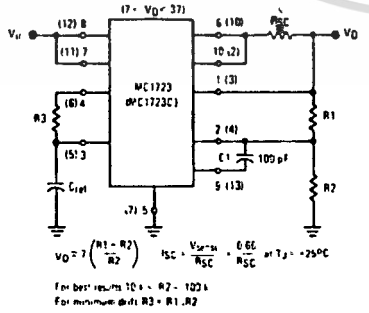
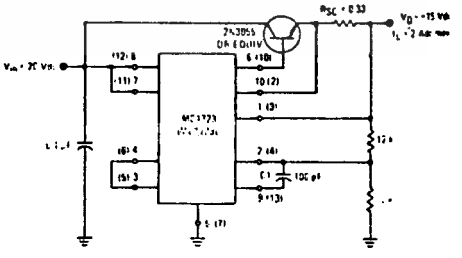


FIGURE 3 – TYPICAL NPN CURRENT BOOST CONNECTION



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAXIMUM RATINGS (T_A = +25°C unless otherwise noted.)

Rating	Symbol	Value	Unit
Pulse Voltage from V_{CC} to V_{EE} (50 ms)	$V_{in(p)}$	50	V_{peak}
Continuous Voltage from V_{CC} to V_{EE}	V_{in}	40	Vdc
Input-Output Voltage Differential	$V_{in} - V_O$	40	Vdc
Maximum Output Current	I_L	150	mAdc
Current from V_{ref}	I_{ref}	15	mAdc
Current from V_Z	I_Z	25	mA
Voltage Between Non-Inverting Input and V_{EE}	V_{ie}	8.0	Vdc
Differential Input Voltage	V_{id}	±5.0	Vdc
Power Dissipation and Thermal Characteristics			
Plastic Package			
T_A = +25°C	P_D	1.25	W
Derate above T_A = +25°C	$1/\theta_{JA}$	10	mW/°C
Thermal Resistance, Junction to Air	θ_{JA}	100	°C/W
Metal Package			
T_A = +25°C	P_D	1.0	Watt
Derate above T_A = +25°C	$1/\theta_{JA}$	6.6	mW/°C
Thermal Resistance, Junction to Air	θ_{JA}	150	°C/W
T_C = +25°C	P_D	2.1	Watts
Derate above T_A = +25°C	$1/\theta_{JA}$	14	mW/°C
Thermal Resistance, Junction to Case	θ_{JC}	35	°C/W
Dual In-Line Ceramic Package	P_D	1.5	Watt
Derate above T_A = +25°C	$1/\theta_{JA}$	10	mW/°C
Thermal Resistance, Junction to Air	θ_{JA}	100	°C/W
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}		°C
Metal Package		-65 to +150	
Dual In-Line Ceramic		-65 to +175	
Operating Ambient Temperature Range	T_A		°C
MC1723C		0 to +70	
MC1723		-55 to +125	

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Unless otherwise noted: T_A = +25°C, V_{in} 12 Vdc, V_O = 5.0 Vdc, I_L = 1.0 mAdc, R_{SC} = 0, C1 = 100 pF, C_{ref} = 0 and divider impedance as seen by the error amplifier ≤ 10 kΩ connected as shown in Figure 2)

Characteristic	Symbol	MC1723 Min	MC1723 Typ	MC1723 Max	MC1723C Min	MC1723C Typ	MC1723C Max	Unit
Input Voltage Range	V_{in}	9.5	–	40	9.5	–	40	Vdc
Output Voltage Range	V_O	2.0	–	37	2.0	–	37	Vdc
Input-Output Voltage Differential	$V_{in}-V_O$	3.0	–	38	3.0	–	38	Vdc
Reference Voltage	V_{ref}	6.95	7.15	7.35	6.80	7.15	7.50	Vdc
Standby Current Drain (I_L = 0, V_{in} = 30 V)	I_{IB}	–	2.3	3.5	–	2.3	4.0	mAdc
Output Noise Voltage (f = 100 Hz to 10 kHz)	V_n							μV(RMS)
C_{ref} = 0		–	20	–	–	20	–	
C_{ref} = 5.0 μF		–	2.5	–	–	2.5	–	
Average Temperature Coefficient of Output Voltage (T_{low} ① < T_A < T_{high} ②)	TCV_O	–	0.002	0.015	–	0.003	0.015	%/°C
Line Regulation	Reg_{line}							%V_O
(T_A = +25°C) 12 V ≤ V_{in} ≤ 15 V		–	0.01	0.1	–	0.01	0.1	
12 V ≤ V_{in} ≤ 40 V		–	0.02	0.2	–	0.1	0.5	
(T_{low} ① < T_A < T_{high} ②) 12 V < V_{in} < 15 V		–	–	0.3	–	–	0.3	
Load Regulation (1.0 mA ≤ I_L ≤ 50 mA)	Reg_{load}							%V_O
T_A = +25°C		–	0.03	0.15	–	0.03	0.2	
T_{low} ① < T_A < T_{high} ②		–	–	0.6	–	–	0.6	
Ripple Rejection (f = 50 Hz to 10 kHz)	RR							dB
C_{ref} = 0		–	74	–	–	74	–	
C_{ref} = 5.0 μF		–	86	–	–	86	–	
Short Circuit Current Limit (R_{SC} = 10 Ω, V_O = 0)	I_{sc}	–	65	–	–	65	–	mAdc
Long Term Stability	$\Delta V_O/\Delta t$	–	0.1	–	–	0.1	–	%/1000 Hr

① T_{low} = 0°C for MC1723C
= -55°C for MC1723

② T_{high} = +70°C for MC1723C
= +125°C for MC1723

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL CHARACTERISTICS

(V_{in} = 12 Vdc, V_O = 5.0 Vdc, I_L = 1.0 mAdc, R_{SC} = 0, T_A = +25°C unless otherwise noted.)

FIGURE 4 – MAXIMUM LOAD CURRENT AS A FUNCTION OF INPUT-OUTPUT VOLTAGE DIFFERENTIAL

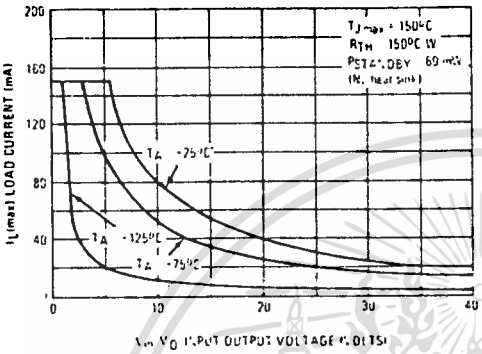


FIGURE 5 – LOAD REGULATION CHARACTERISTICS WITHOUT CURRENT LIMITING

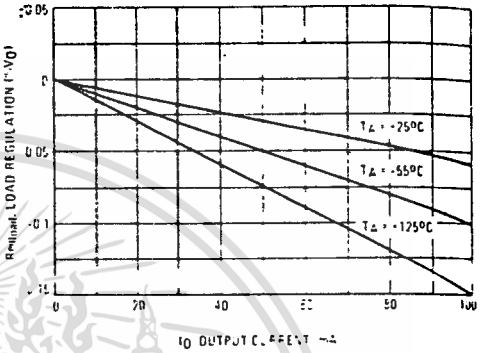


FIGURE 6 – LOAD REGULATION CHARACTERISTICS WITH CURRENT LIMITING

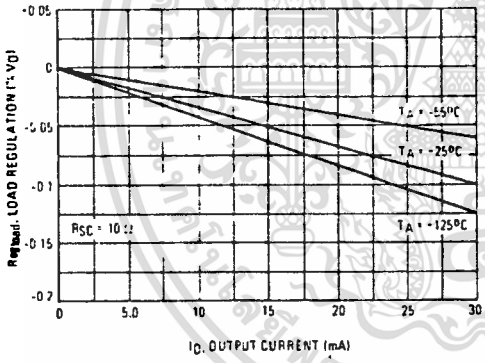


FIGURE 7 – LOAD REGULATION CHARACTERISTICS WITH CURRENT LIMITING

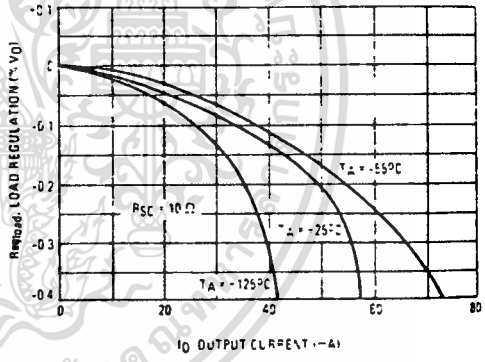


FIGURE 8 – CURRENT LIMITING CHARACTERISTICS

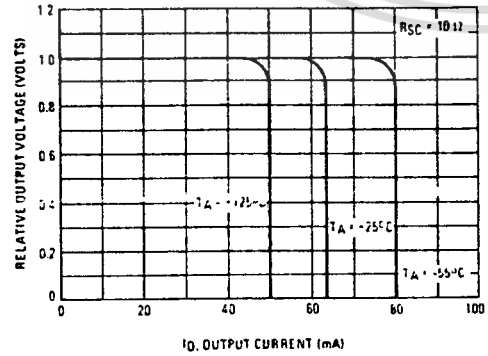
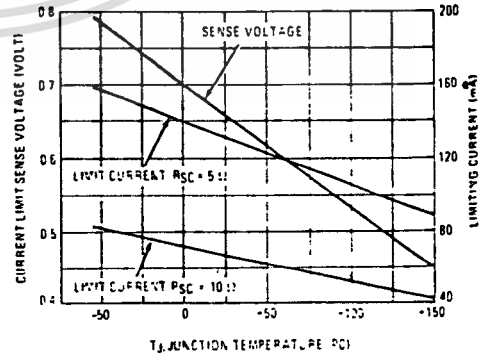


FIGURE 9 – CURRENT LIMITING CHARACTERISTICS AS A FUNCTION OF JUNCTION TEMPERATURE



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL CHARACTERISTICS (continued)

FIGURE 10 – LINE REGULATION AS A FUNCTION OF INPUT-OUTPUT VOLTAGE DIFFERENTIAL

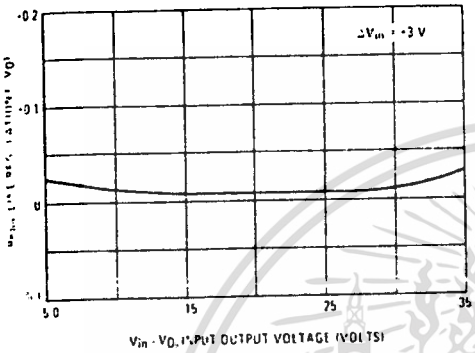


FIGURE 11 – LOAD REGULATION AS A FUNCTION OF INPUT-OUTPUT VOLTAGE DIFFERENTIAL

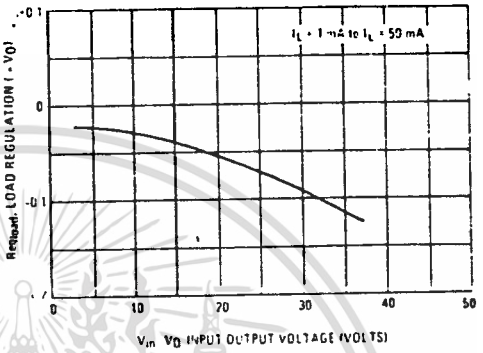


FIGURE 12 – STANDBY CURRENT DRAIN AS A FUNCTION OF INPUT VOLTAGE

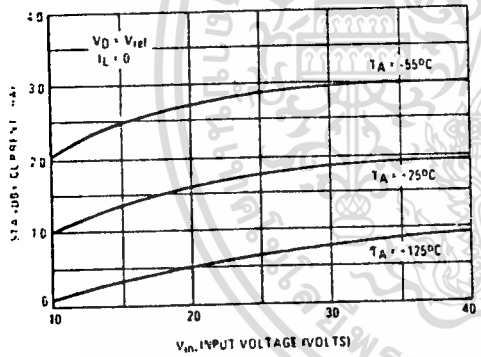


FIGURE 13 – LINE TRANSIENT RESPONSE

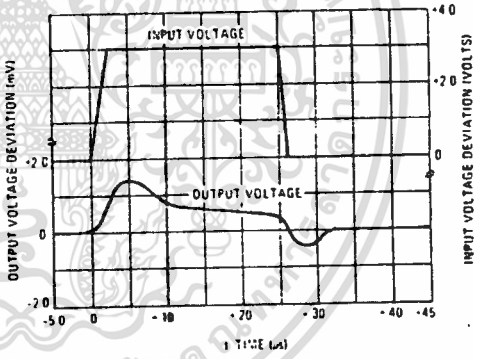


FIGURE 14 – LOAD TRANSIENT RESPONSE

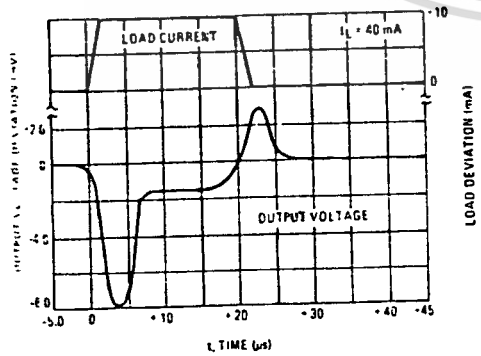
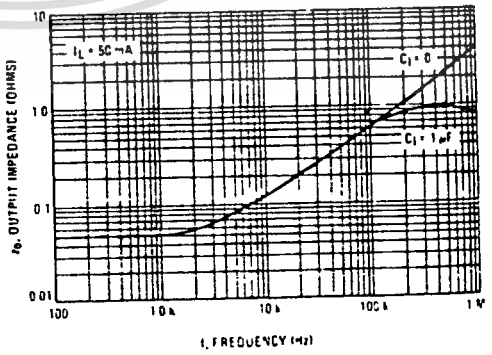


FIGURE 15 – OUTPUT IMPEDANCE AS FUNCTION OF FREQUENCY



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL APPLICATIONS

Pin numbers adjacent to terminals are for the metal package;
pin numbers in parenthesis are for the dual in-line packages.

FIGURE 16 – TYPICAL CONNECTION FOR $2 < V_O < 7$

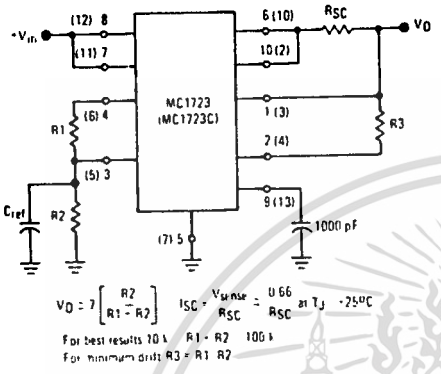


FIGURE 17 – MC1723,C FOLDBACK CONNECTION

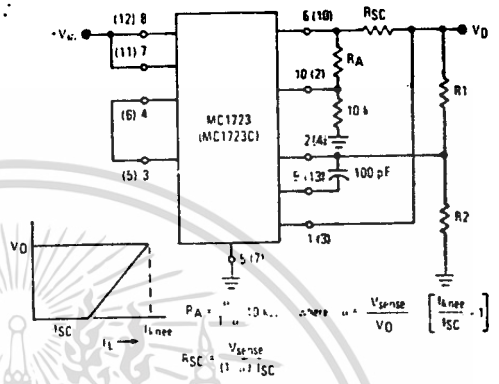


FIGURE 18 – +5 V, 1-AMPERE SWITCHING REGULATOR

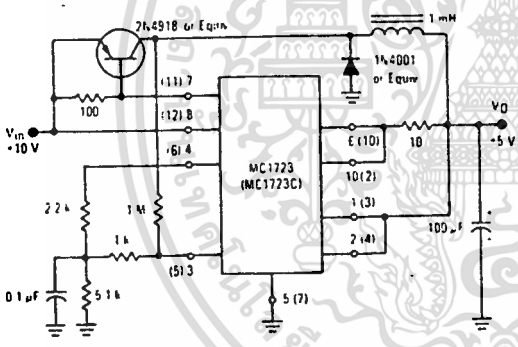


FIGURE 19 – +5 V, 1-AMPERE HIGH EFFICIENCY REGULATOR

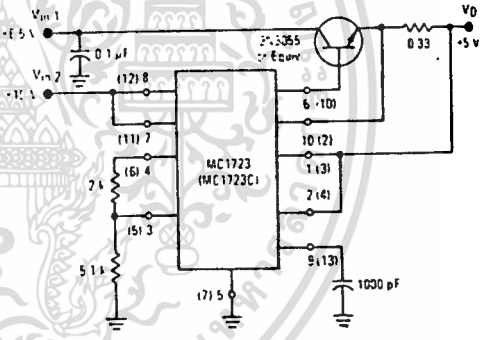


FIGURE 20 – +15 V, 1-AMPERE REGULATOR WITH REMOTE SENSE

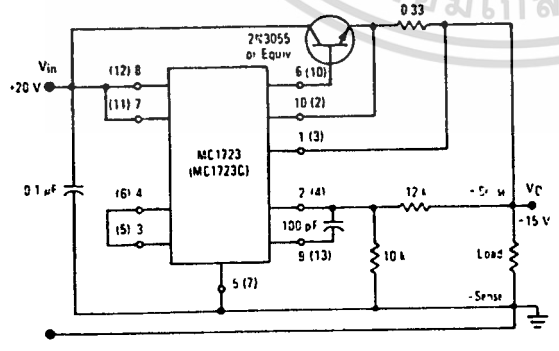
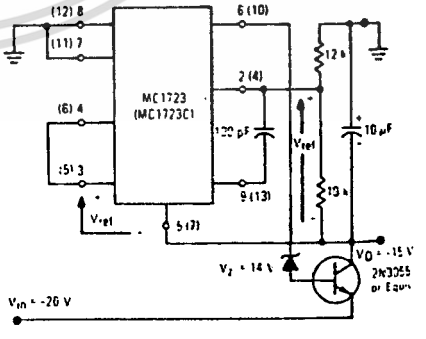


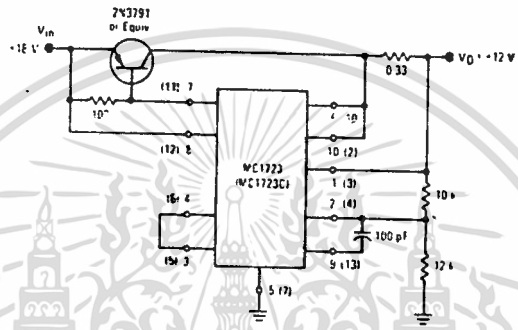
FIGURE 21 – -15 V NEGATIVE REGULATOR



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL APPLICATIONS (continued)

FIGURE 22 – +12 V, 1-AMPERE REGULATOR USING PNP CURRENT BOOST



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้